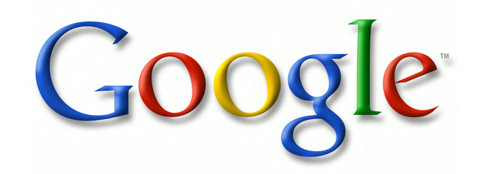
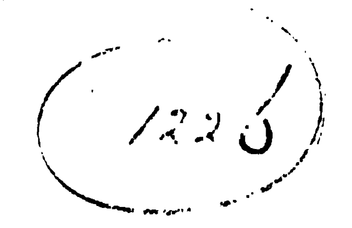
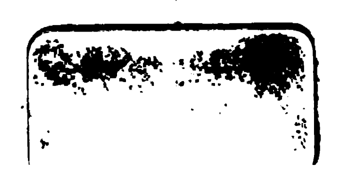








ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME QUARANTIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
JOEL CHERBULIEZ
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1871

OBSERVATIONS

SUR LE

MÉMOIRE DE MM. E. PLANTAMOUR ET A. HIRSCH

Note sur la détermination du coefficient de dilatation d'un barreau d'argent,

Par M. H. WILD

(Traduit de l'allemand.)

Le mémoire de MM. Plantamour et Hirsch intitulé : « Note sur la détermination du coefficient de dilatation d'un barreau d'argent, » a induit en erreur, à ce que j'ai su, et cela par suite d'une rédaction incomplète, quelques physiciens qui ont compris que les résultats des mesures exécutées par MM. Plantamour et Hirsch mettaient en doute certaines données contenues dans mon « Rapport sur les travaux relatifs à la réforme du système des poids et mesures en Suisse. » Comme une semblable incertitude nuirait singulièrement au but que l'on s'était proposé en fondant le bureau fédéral des poids et mesures et que d'ailleurs, à ce que m'a dit mon ami M. Hirsch lui-même, l'on ne pourrait absolument pas tirer une semblable conclusion des recherches de ces Messieurs, je crois indispensable de présenter sur ce point quelques remarques propres à écarter ce malentendu.

Dans l'introduction à leur travail, MM. Plantamour et Hirsch disent qu'ils ont fait, ainsi que M. Paalzow, des expériences pour déterminer la dilatation absolue de l'étalon normal en bronze d'aluminium du bureau fédéral des poids et mesures à Berne, et que ces recherches ont abouti à des résultats qui ne concordaient pas entre eux et ne concordaient pas davantage avec les valeurs que j'avais assignées moi-même précédemment à cette dilatation.

MM. Plantamour et Hirsch ne donnent du reste aucun détail sur la méthode qu'ils ont employée, ni sur la grandeur des écarts observés, mais ils disent simplement que ceux-ci dépassent notablement les erreurs d'observation et les limites dans lesquelles l'appareil micrométrique cesse d'être exact. Ceci les amena à conclure que la dilatation du barreau de bronze d'aluminium ne se faisait pas d'une manière régulière, mais qu'elle était troublée par la présence de la lame d'argent qui porte la division et qui est fixée par des goupilles au barreau lui-même. En conséquence de cela, MM. Plantamour et Hirsch remplacèrent le barreau de bronze d'aluminium avec lame d'argent par un barreau en argent placé dans la rainure d'un grand barreau en laiton, puis ils exécutèrent une série complète d'expériences sur la dilatation absolue de ce barreau, et c'est principalement à la description de ces expériences qu'est consacré le mémoire en question. Il en ressort que les deux expérimentateurs n'obtinrent pas non plus au début des résultats satisfaisants avec ce barreau d'argent, parce qu'ils observèrent d'abord suivant une méthode inexacte. Ce fut seulement plus tard, lorsqu'ils adoptèrent la seule méthode correcte, qu'ils obtinrent des résultats satisfaisants et concordant

dans la limite des erreurs d'observation. Or comme mes déterminations de la dilatation absolue de l'étalon normal en bronze d'aluminium ont été faites d'après la méthode exacte, ainsi que cela ressort de la description qui en a été donnée dans le rapport ci-dessus mentionné, et que MM. Plantamour et Hirsch n'indiquent pas la méthode qu'ils ont suivie dans leurs expériences, l'on est amené à conjecturer que la concordance insuffisante qu'ont présentées entre elles leurs expériences sur le barreau en bronze d'aluminium et l'écart qu'elles ont montré avec les miennes doivent être simplement attribués à cette circonstance qu'alors aussi ils ont opéré avec une méthode inexacte. Si j'ai bien compris M. Hirsch, c'est bien là, en effet, la manière de voir de ces Messieurs. L'on ne peut donc que regretter qu'ils n'aient pas fourni sur ce point, à la fin de leur mémoire, des explications propres à écarter le malentendu en question.

Pour le faire entièrement disparaître, je mentionnerai simplement encore ce fait, c'est que le directeur actuel du bureau fédéral des poids et mesures, M. Hermann, a déterminé de son côté la dilatation du barreau en bronze d'aluminium en suivant la méthode exacte et en observant toutes les mesures de précaution que j'ai indiquées, et qu'il a obtenu, à ce qu'il m'a fait savoir, une valeur très-rapprochée de celle que j'avais obtenue moi-même.

J'ai partagé aussi dans un temps les doutes que MM. Plantamour et Hirsch ont émis au sujet de la dilatation plus ou moins régulière d'un étalon composé comme le barreau en bronze d'aluminium; aussi avais-je d'abord, dans le sein de la commission composée de M. Mousson, de M. Hirsch et de moi-même, fait la proposition de prendre

comme étalon une lame d'argent introduite dans la gorge profonde d'un barreau en laiton. Cependant après mûr examen, la construction ci-dessus indiquée de l'étalon normal nous parut présenter plus de garanties pour une dilatation fixe et régulière, cela d'autant plus qu'elle correspond à la construction habituelle des divisions fines et des limbes gradués auxquels les physiciens n'ont point jusqu'ici reconnu l'inconvénient de ne pas rester comparables à eux-mêmes. Du reste il a été fait, dans la seconde moitié de 1866 et la première de 1867, tant par moi que par MM. Mousson et Hirsch, un grand nombre de comparaisons entre l'étalon normal et d'autres étalons qui ne présentaient point l'inconvénient que l'on reproche au premier. Or ces comparaisons ont présenté entre elles, comme on peut le voir dans mon rapport, un accord si complet qu'on ne peut pas admettre qu'il se soit produit pendant ce temps des modifications appréciables dans l'étalon normal, pas même celles qui auraient pu provenir de la dilatation. Je crois donc pouvoir, jusqu'à plus ample informé, maintenir que les données renfermées dans mon travail au sujet de l'étalon normal en bronze d'aluminium du bureau fédéral des poids et mesures à Berne, conservent toute leur valeur, et que les nombreuses vérifications faites avec cet étalon ne doivent pas pour le moment être considérées comme inutiles.

Saint-Pétersbourg, 6 décembre 1870.

REMARQUES SUR LA NOTE PRÉCÉDENTE

M. le professeur Wild nous reproche dans cette Note la rédaction incomplète de notre travail sur la dilatation d'un barreau d'argent, cette rédaction incomplète ayant pu faire naître des doutes sur certaines données contenues dans son rapport sur la « Réforme du système des poids et mesures en Suisse, » et, par suite, nuire au but que l'on s'était proposé en fondant le bureau fédéral des poids et mesures. Si nous avons été amenés à soupçonner des irrégularités dans la dilatation de l'étalon de bronze d'aluminium, nous n'avons pas songé un seul instant à admettre la conséquence que ces petites irrégularités pussent compromettre en aucune façon le but essentiellement pratique, que l'on s'était proposé dans la réforme du système des poids et mesures et dans l'établissement du bureau fédéral. Nous étions tellement éloignés de l'idée qu'une pareille conséquence pût en être tirée, que nous n'avons pas même songé à ajouter une déclaration explicative à ce sujet.

Nous n'avons pas inséré le détail des expériences qui nous avaient fait concevoir des doutes sur la régularité de la dilatation de l'étalon de bronze d'aluminium, et cela pour deux motifs : d'abord pour ne pas allonger notre mémoire par des détails étrangers à son but, ensuite parce que M. le professeur Paalzow, collaborateur dans ces expériences, avait quitté la Suisse, et qu'il nous paraissait plus convenable de ne pas publier les résultats d'expériences, auxquelles il avait pris une très-grande part, sans

nous être préalablement concertés avec lui. Maintenant que M. le professeur Wild réclame avec instance la publication de ces expériences, nous n'hésitons pas à satisfaire à son désir, et nous espérons que M. le professeur Paalzow voudra bien nous pardonner l'indiscrétion qui peut nous être reprochée.

M. le professeur Wild est complétement dans l'erreur lorsqu'il suppose que ces expériences ont été faites d'après la méthode qu'il qualifie d'inexacte, celle dans laquelle la température de la cave est alternativement élevée et abaissée, de façon à la rapprocher autant que possible de celle de l'auge; il est par conséquent également dans l'erreur lorsqu'il ajoute que, s'il a bien compris M. Hirsch [1], c'est à l'emploi de cette méthode inexacte que nous attribuons les discordances entre les résultats obtenus. Ces expériences ont été faites d'après la même méthode, et en s'entourant des mêmes précautions que celles que M. le professeur Wild a décrites dans son Rapport, en particulier en ce qui concerne la constance de la température de la cave. Les premières ont été faites par M. le professeur Paalzow et par M. le Dr Fröhlich; dans une première série, le 15 janvier 1869, où l'on a passé d'une température élevée à une température basse, la contraction du barreau a été trouvée, d'après les mesures de M. le professeur Paalzow,

pour 20°,463 de 0mm,3457 : coefficient, 0,00001689,

et d'après celles de M. le Dr Fröhlich,

pour 20°,557 de 0mm,3414 : coefficient, 0,00001661.

Dans une seconde série, faite le 19 et le 20 janvier, où l'on a passé d'une température basse à une tempéra-

[1] M. Hirsch repousse en effet formellement le sens dans lequel M. Wild croit avoir compris ses paroles.

ture élevée, la dilatation du barreau a été trouvée, d'après les mesures de M. le professeur Paalzow,

pour 17°,842 de 0^{mm},2959 : coefficient, 0,00001658,

et d'après celles de M. le Dr Fröhlich,

pour 17°,887 de 0^{mm},29725 : coefficient, 0,00001662.

La moyenne des quatre valeurs du coefficient de dilatation résultant de ces mesures est 0,00001667.5, avec une erreur moyenne de ±0,00000007.2. Quelques jours plus tard, du 25 au 27 janvier, une nouvelle série a été faite par MM. les professeurs Paalzow et Plantamour, en commençant par quatre mesures faites à une température basse, 4° environ, le 25 janvier au soir, après quoi de l'eau chaude fut introduite dans l'auge. Le lendemain matin, vers dix heures, nouvelle série de mesures faites par les deux observateurs, à deux reprises, et à une heure d'intervalle, à une température de 16° environ. Puis on ajoute encore de l'eau chaude, et, de 6 à 7 heures du soir, quatre séries de mesures furent faites à une température de 22°; immédiatement après, l'eau chaude fut remplacée par de l'eau froide et de la glace, et le lendemain, 27 janvier, cinq séries de mesures furent exécutées de 10 heures à midi, à une température de 2°,5 environ. La valeur du coefficient de dilatation calculée par la méthode des moindres carrés, à l'aide des dix-sept mesures faites à ces différentes températures, a été trouvée de 0,00001563.5 avec une erreur moyenne de ±0,00000011.2

La valeur moyenne de l'écart avec lequel le coefficient représente les dix-sept mesures est de $\pm 0^{mm}$,0038.2 ; il est à noter en outre, que les plus grands écarts négatifs (maximum -0^{mm},0078) se trouvent dans la première série, à la température basse de 4° environ, et les plus grands écarts positifs (maximum $+0^{mm}$,0072) dans la

dernière série, où la température était également basse 2°,5 environ, ainsi peu différente de celle de la première. Cette dernière valeur du coefficient de dilatation se rapproche, il est vrai, de celle que M. le professeur Wild a donnée dans son « Rapport, » savoir : 0,0000155770, avec une erreur moyenne de ±0,0000000068 ; mais il est impossible de concilier ces valeurs avec celle qui résulte des mesures faites par MM. Paalzow et Fröhlich, et dont il n'y a aucun motif de révoquer en doute l'exactitude dans les limites de son erreur moyenne.

On comprend ainsi l'embarras dans lequel nous nous trouvions de déduire le coefficient de dilatation du pendule de celui de l'étalon de bronze d'aluminium. En effet, il était impossible de songer à prendre une moyenne entre des valeurs aussi discordantes, et nous n'avions aucun motif pour rejeter les unes ou les autres. De plus, des mesures comparatives de la longueur du pendule et de l'étalon de bronze d'aluminium faites à des températures variant de 3°,5 à 25°,5 environ, avaient donné +0,000001700, avec une erreur moyenne de ±0,000000065 pour la différence du coefficient de dilatation du pendule et de celui de l'étalon de bronze d'aluminium ; en adoptant 0,00001558, pour celui-ci, d'après la détermination de M. le professeur Wild, on obtient 0,00001728 pour le coefficient de dilatation du pendule, chiffre très-inférieur à celui qui a été trouvé par d'autres physiciens pour le laiton, et qui ne permet pas du tout d'accorder entre elles les durées des oscillations du pendule faites à différentes températures. En partant de la valeur trouvée par MM. Paalzow et Fröhlich 0,00001667.5, on trouverait 0,00001837.5, chiffre qui se rapproche plus de celui adopté en général pour le

laiton, mais qui est encore trop faible pour obtenir l'accord le plus satisfaisant dans la durée des oscillations. Il n'y a rien de surprenant à ce que nous ayons conçu des doutes sur la régularité de la dilatation de l'étalon de bronze d'aluminium, en raison de sa composition et de sa construction, doutes que M. le professeur Wild dit avoir partagés lui-même dès l'origine.

Il nous reste enfin à relever l'expression dont M. le professeur Wild s'est servi, en qualifiant *d'inexacte* la méthode que nous avions d'abord suivie pour mesurer la dilatation du barreau d'argent. Ce terme (*unrichtige methode*) semblerait indiquer que, suivant lui, nous serions partis d'un principe faux en cherchant à rendre aussi peu différentes que possible la température du local et celle de l'auge, dans les différentes alternatives de réchauffement et de refroidissement de cette dernière. Il est évident que ce n'est pas un principe faux, parce que l'on tend ainsi à diminuer notablement l'une des causes d'erreur qui peuvent affecter les mesures de dilatation absolue faites avec le comparateur de Berne, savoir l'inégalité entre le degré indiqué par le thermomètre et la véritable température du barreau. Lorsque l'auge est à une température de près de 20° supérieure, ou inférieure de 8°, à celle du local, il est évident que sa température doit varier assez rapidement, comme on le voit d'après les expériences mêmes de M. le professeur Wild, relatées dans son Rapport (page 87 et suivantes). Ainsi, dans sa première détermination, le thermomètre placé à côté du barreau, marquait 33°,5 à 8 heures du matin, immédiatement après avoir introduit l'eau chaude; il était descendu à 22° à 1 heure, au moment où il a commencé les mesures, et la température a encore baissé

d'un dixième de degré pendant l'intervalle de temps employé à faire les lectures alternativement à chacun des microscopes; M. Wild n'indique pas la longueur de cet intervalle. La température de tout l'appareil n'étant pas constante, et ne pouvant évidemment pas rester constante, est-on fondé à supposer un équilibre complet de température entre la boule nue et non protégée d'un thermomètre très-sensible, et une masse aussi considérable que celle du barreau, les deux étant simplement placés l'un à côté de l'autre dans l'air ? Il y a évidemment dans ce défaut possible d'équilibre de température une cause d'erreur, que l'on atténue en rendant la température de tout l'appareil plus constante, ce qui est le cas lorsque la différence entre l'auge et le local est peu considérable. C'est en vue également d'obvier à ce défaut d'équilibre entre la température indiquée par le thermomètre, et la température réelle du barreau, que nous avons plongé les deux dans un liquide bon conducteur comme la glycérine, et que nous avons encastré la boule du thermomètre dans un cylindre en laiton ayant la même section que le barreau.

Maintenant la seconde cause d'erreur qui peut affecter la détermination de la dilatation absolue, est la variabilité des piliers, et, par suite, des microscopes supportés par eux; si par suite d'un léger mouvement des piliers, la distance qui sépare les deux microscopes n'est pas absolument invariable pendant la durée des expériences, il est évident que les changements mesurés dans la longueur du barreau sont affectés d'une erreur égale à la variation de distance entre les deux microscopes. En faisant varier la température de la cave dans les limites de 15° à 18 degrés dans le cours des expériences, on s'ex-

posait sans doute au danger d'augmenter la variabilité des piliers, mais dans quelles limites, c'est ce qu'il était impossible d'indiquer à priori ; aussi peu que l'on peut admettre à priori leur invariabilité absolue, même dans le cas où la température resterait à peu près constante. La constance, pendant un certain laps de temps, dans la position de piliers fondés avec les mêmes précautions, et dans ces deux alternatives, ou d'une température presque invariable, ou avec des variations d'un grand nombre de degrés, est un élément qui varie dans chaque cas particulier, et l'on ne peut pas se prononcer d'avance, et sans avoir fait des expériences directes à ce sujet, sur cette question : le mouvement des piliers, pendant le temps nécessité pour une détermination de la dilatation, est-il restreint à une fraction assez faible de la quantité totale dont la longueur du barreau a changé, pour que l'erreur sur le coefficient de dilatation ne dépasse pas le degré voulu d'exactitude, et cela dans cette double alternative, d'une température à peu près invariable, ou d'une température variant de 15 à 18 degrés? Or nous n'avons trouvé dans le travail de M. le professeur Wild aucune indication sur ce sujet, soit qu'il n'ait pas fait ces expériences, soit qu'il ne les ait pas publiées; il est certain que, s'il avait publié des expériences montrant à quel point des variations de température augmentaient le défaut de constance des piliers dans le comparateur de Berne, nous n'aurions pas songé à employer une méthode, qui n'est pas fausse en principe, mais qui pouvait, dans ce cas particulier, donner lieu à des erreurs considérables. Ces expériences ont été faites à notre demande l'hiver dernier par M. Hermann, et il en est résulté que, tant que la température de la cave reste invariable, ou à peu près, le mou-

vement des piliers pendant un intervalle de 2 à 3 jours est restreint à une quantité qui s'élève à $0^{mm},002$ de part et d'autre de leur position moyenne, soit de $0^{mm},004$ entre les extrêmes [1]. Cette variabilité de $\pm 0^{mm},002$ est une fraction assez petite du changement total de longueur du barreau, qui s'élève à 3 ou 4 dixièmes de millimètre, pour que l'on puisse obtenir le coefficient de dilatation à $\frac{1}{150}$, ou $\frac{1}{200}$ de sa valeur près; mais l'on voit en même temps que cette cause d'erreur s'oppose à ce que l'on puisse atteindre avec le comparateur de Berne une exactitude plus grande dans une seule détermination. Lorsque la température de la cave est élevée de 15 à 18°, le mouvement des piliers est énormément augmenté, de manière à atteindre $0^{mm},02$, par suite, l'erreur sur le coefficient de dilatation s'élève à une quantité trop considérable.

Le meilleur moyen d'éliminer, pour ainsi dire, complétement la cause d'erreur résultant de la variabilité des piliers serait de rapporter la longueur du barreau mesurée à différentes températures, non pas à la distance supposée invariable entre les deux microscopes, mais à la longueur d'un autre barreau qui serait placé dans une auge séparée, maintenue à une température constante et voisine de 0 par l'adjonction de glace. Il faudrait ainsi placer, sur un même chariot mobile, les deux auges renfermant, l'une le barreau dont on veut déterminer la dilatation et dans laquelle l'on ferait varier la température; l'autre le barreau devant servir de terme de comparaison, et dans laquelle la température pourrait être sans difficulté

[1] Les chiffres obtenus par lui (page 19 de notre mémoire), montrent que, ainsi que cela a lieu pour cette sorte de mouvements irréguliers, la variation pouvait être tout aussi forte, ou même plus forte, au bout d'un intervalle de quelques heures, que dans un laps de temps plus long.

maintenue constante, à quelques dixièmes de degrés près, en ajoutant de la glace à mesure qu'elle se fond. En amenant successivement, à l'aide du chariot mobile, les deux barreaux sous les microscopes, on mesurerait ainsi les différences de longueur entre le barreau, dont on veut déterminer la dilatation, à chaque degré de température auquel on a porté l'auge qui le renferme, et le barreau servant de comparaison, dont le très-faible changement de longueur pour quelques dixièmes de degrés pourrait être calculé avec une exactitude très-suffisante avec une valeur même approchée de son coefficient de dilatation. Il serait même facile d'éliminer complétement toute erreur provenant d'une incertitude sur cette donnée, en faisant une seconde série d'expériences dans laquelle le rôle du barreau, dont on veut déterminer la dilatation, et de celui qui sert de terme de comparaison seraient échangés, et en combinant les deux séries entre elles. Il est évident que, dans ce mode d'opérer, l'intervalle de temps, pendant lequel on doit supposer la constance dans la distance qui sépare les deux microscopes, est réduit à celui qui s'écoule entre la lecture faite pour le premier barreau, et celle faite pour le second; de plus, en faisant après celle-ci une nouvelle lecture pour le premier barreau, on aurait un contrôle de la constance des piliers pendant l'opération. Nous ne pouvons malheureusement pas essayer ce mode d'expérimentation avec le comparateur de Berne, la nature du local ne se prêtant pas à un pareil arrangement.

E. Plantamour.
A. Hirsch.

QUELQUES

OBSERVATIONS SUR UN CHAMPIGNON

QUI ATTAQUE

LES PARTIES SOUTERRAINES DE LA VIGNE

PAR

M. le Professeur J.-B. SCHNETZLER.

Dans le vignoble de La Vaux, surtout dans les environs de Cully (canton de Vaud), on signale depuis quelques années l'existence d'un champignon qui se développe sur les racines et les autres parties souterraines de la vigne. Ce cryptogame parasite, connu vulgairement sous le nom de moisi, de blanc, etc., n'est pas d'origine récente dans le vignoble vaudois, et il n'est pas limité à celui de La Vaux; on le rencontre dans tout le vignoble à l'état sporadique, et les vignerons le voient souvent lorsqu'ils arrachent de la vieille vigne. D'autres végétaux, qui se trouvent dans le même terrain, sont également attaqués par le même parasite; par exemple, des abricotiers, des poiriers, des figuiers, des haricots, carottes, etc. A Cully, le mal se montre depuis sept à huit ans de manière à attirer l'attention des propriétaires et des vignerons. Mr M., propriétaire de vignes et observateur très-judicieux, avait vu d'abord trois ceps frappés du mal; autour d'eux, la maladie s'est propagée en rayonnant tout autour de ce centre d'infection. Les murs n'arrêtent pas le mal; il se montre même plus intense sur les ceps plantés contre les murs. Les feuilles des ceps malades deviennent jaunes, le bois se dessèche et la plante tout entière meurt. Lorsqu'on arrache un des ceps malades, mourants ou morts, on voit les racines et toutes les parties souterraines couvertes de moisissures

blanches, qui s'insinuent sous l'écorce et qui pénètrent jusqu'à la moelle. M. le Dr du Plessis, qui, le premier, a examiné cette moisissure sous le microscope, l'a fort bien décrite dans un rapport adressé à la Société vaudoise d'Agriculture; il la range dans l'ordre des Mucédinées, sans se prononcer sur le genre et l'espèce. Le mycélium est formé par des filaments très-minces, non cloisonnés, ou avec des cloisons fort distantes; ces filaments, fortement enchevêtrés, forment souvent à eux seuls toute la moisissure; par exemple, sur des échalas pourris ou sur des matières fermentescibles placées en terre, comme du marc de raisins, des coques de marrons, etc. Sur les parties souterraines des vignes malades, il se développe sur le mycélium des filaments cloisonnés beaucoup plus larges; les uns se composent de cellules cylindriques, renflées en forme de massue au point de contact avec la cellule suivante; ces filaments à cellules claviformes se terminent par des cellules cylindriques non renflées, qui forment l'extrémité plus ou moins effilée du filament. A côté de ces filaments à cellules claviformes se trouvent d'autres filaments à cellules entièrement cylindriques, mais du même diamètre que les cellules claviformes avant leur renflement. A l'extrémité des cellules claviformes, nous voyons souvent deux cellules, dont chacune forme le commencement d'un rameau. Cependant cette dichotomie ne présente rien de constant, ni de régulier. Les cellules cylindriques et claviformes développent souvent des excroissances latérales qui forment de nouveaux rameaux. J'ai quelquefois observé entre les bourgeons latéraux de deux filaments rapprochés une véritable soudure, une sorte de conjugaison. Notre moisissure peut ainsi se propager longtemps sous terre, sans produire de véritables spores.

Des ceps malades, plongés dans l'eau par leur extrémité inférieure, se couvrirent bientôt de nouvelles moisissures entre l'écorce et le bois; mais cette nouvelle végétation, qui se formait ainsi à l'air, était produite par un autre champignon que celui qu'on trouve sur les racines des ceps malades : c'était le *Selenosporium herbarum*, Cord., qui se développe souvent sur les feuilles et les écorces mortes.

Des fragments de racines de poirier, couverts de la même moisissure que nous avions trouvée sur la vigne malade, furent placés dans un flacon légèrement bouché. Ces racines étaient desséchées et leur moisissure flétrie. Pour introduire de l'humidité dans le flacon, on y versa une petite quantité d'eau. Exposées à la lumière diffuse du jour, ces racines se couvrirent bientôt, à leur partie supérieure, de jolies huppes blanches, qui peu à peu passaient au gris verdâtre. De mêmes huppes de moisissure couvrirent la surface inférieure du bouchon, quoique celui-ci ne fût pas en contact avec les racines. Sous le microscope, je retrouvai dans ces moisissures les cellules cylindriques et claviformes du champignon de la vigne, belles, vigoureuses, en pleine végétation; mais cette fois accompagnées de petites cellules globuleuses, libres ou accolées aux filaments de la moisissure. Ces globules sont tantôt isolés, tantôt deux à deux, quelquefois par quatre ou en groupes plus nombreux. A mesure que cette moisissure est exposée à l'air libre, elle noircit, et ses filaments présentent sous le microscope la couleur de la sépia. Les globules dont nous venons de parler, sont évidemment les corps reproducteurs de cette phase du champignon; ils jouissent de la propriété de se mouvoir rapidement dans l'eau. Comme je n'ai pu trouver ni

Anthéridies, ni Oogonium, je regarde ces petits corps reproducteurs comme des Conidies, ou spores, non fécondées, formées par simple division des cellules de champignon. La moisissure qui attaque les parties souterraines de la vigne, des poiriers, abricotiers, haricots, etc., nous apparaît comme la phase d'un champignon dont les filaments se reproduisent pendant quelque temps dans la terre par bourgeonnement, peut-être par conjugaison. Sous l'influence d'un plus libre accès de l'air et d'une certaine dose de lumière, ils forment des Conidies, qui, à leur tour, reproduisent du mycélium et la phase prolifique par bourgeonnement.

M. J.-E. Planchon, de Montpellier, auquel j'avais demandé quelques renseignements sur la maladie qui a frappé les vignobles des départements riverains du Rhône, me répondit à ce sujet : « Cette maladie, qui menace d'une ruine complète nos départements méridionaux, n'a rien de commun avec les altérations produites sur les racines de la vigné par les végétaux cryptogames. D'après les indications que vous me donnez sur les caractères de l'une de ces productions, elle semble rentrer dans le groupe de ces mycélium indéterminés qui font périr beaucoup d'arbres (notamment des poiriers) dans certains sols, et que les jardiniers appellent du nom vague de Rhizoctone. Dans notre région, bien des ceps de vigne, même sains, ont sur leurs racines des filaments de mycélium, qui ne semblent vivre que sur les portions mortifiées du périderme, sans altérer sensiblement la vitalité de la plante. » M. Planchon attribue, en revanche, la mort de ceps de vigne, plantés sur des terres où l'on a défriché des chênes verts, à un champignon du genre Polypore. Les filaments byssoïdes, observés par A.-P. de

Candolle sur des racines de poiriers et d'amandiers, appartiennent probablement au même champignon qui attaque nos ceps de vigne.

Nous voyons ainsi un champignon être la cause immédiate de la mort d'un certain nombre de végétaux. Nous n'avons pas l'intention d'étudier ici les causes plus éloignées qui favorisent l'existence de ce champignon et son développement sur certaines plantes. Mais ce qu'il y a d'important, au point de vue de l'horticulture et de la viticulture, c'est de savoir l'origine du cryptogame parasite.

Certaines observations semblent indiquer qu'il vient du dehors, à travers les couches superficielles de la terre. Dans le vignoble de Cully, par exemple, des sarments de vigne couchés en terre pour un marcottage, furent attaqués dans la partie placée dans la couche superficielle du terrain, tandis que les racines et souches plus profondes du cep étaient encore parfaitement saines et sans trace de moisissure. Une autre expérience paraît prouver que les corps reproducteurs du champignon développent d'abord leur mycélium sur des matières en décomposition ou en fermentation. Du marc de raisin et des coques de marrons (marronnier d'Inde) qui ne présentaient aucune trace de moisissure, furent mis en terre; ils se couvrirent bientôt d'un abondant mycélium qui se transmit aux ceps de vigne voisins et les fit périr. Un cep vigoureux de six ans fut inoculé avec la moisissure provenant d'un cep malade; l'opération eut lieu le 24 juin 1870.

Le 9 septembre de la même année, le cep inoculé était encore parfaitement sain et sans aucune trace de moisissure, tandis que l'échalas, qui soutenait le cep, avait sa face tournée contre ce dernier complétement couverte de moisissure.

Sans admettre toutes les métamorphoses merveilleuses résultant des travaux de Hallier, on pourrait chercher, dans plusieurs champignons, l'origine de la forme à Conidies qui se développe sur les racines de la vigne, etc. En automne, par exemple, nous voyons quelquefois s'élever en l'air de véritables nuages de spores qui proviennent de raisins pourris et desséchés ou de grains de raisins tombés à terre. La moisissure qui envahit le raisin pourri est le *Penicillium glaucum*. Je n'ai cependant pas encore pu découvrir un lien génétique entre cette forme et celle de notre moisissure [1].

D'après les travaux de M. De Barry, nous trouvons peut-être la forme type de notre champignon dans le genre Peziza. Sur les feuilles flétries de la vigne, l'on voit en automne le Sclerotium de *Peziza Fuckeliana* qui forme des taches de couleur brune. Le Sclerotium n'est pas, comme on l'a cru autrefois, une forme d'un groupe particulier de champignons; il représente une phase de développement d'espèces appartenant aux groupes les plus divers; il est formé par un mycélium dont les cellules allongées (Hyphæ) se sont fortement enchevêtrées, formant ainsi un corps dur arrondi ou aplati. Le champignon passe ainsi un certain temps à l'état de repos, jusqu'à ce que, plus tard, il se développe des corps reproducteurs aux dépens de la matière du Sclerotium. Lorsqu'on place le Sclerotium de *Peziza Fuckeliana* des feuilles de vigne sur de la terre humide, il en sort déjà au bout de vingt-quatre heures des filaments à Conidies; ces filaments ne sont pas autre chose que la forme que l'on décrivait autrefois sous le nom de *Botrytis cinerea*.

[1] Je ferai la même observation sur *Mucor mucedo*, qui se développe si facilement sur le fumier de cheval.

Lorsqu'on place le même Sclerotium à un centimètre de profondeur en terre, il se forme l'été suivant des petites coupes (Peziza) qui produisent des Ascospores. Les Conidies provenant des filaments de Botrytis produisent toujours de nouveau le *Botrytis cinerea.*

J'ai observé, l'automne passé (1870), des feuilles de vigne provenant d'un vignoble infesté par la maladie; elles étaient couvertes de taches brunes formées par le Sclerotium de *Peziza Fuckeliana.* Après avoir placé ces feuilles sur de la terre humide, j'ai vu apparaître une abondante moisissure de *Botrytis cinerea.* Ses filaments cloisonnés présentent une certaine ressemblance avec ceux du champignon de la vigne; ses cellules présentent les mêmes excroissances latérales; on aperçoit des cellules en chapelets qui ont quelque analogie avec les cellules claviformes; mais, malgré ces analogies avec le champignon de la vigne, le Botrytis en diffère par l'absence de vraies cellules claviformes si caractéristiques pour la moisissure des ceps malades. Cependant, au milieu des filaments à Conidies de Botrytis, j'ai constaté, d'une manière indubitable, des filaments à cellules claviformes identiques avec ceux que j'avais si souvent observés sur la vigne malade. Je dois ici faire observer que la terre sur laquelle les feuilles de vigne furent placées n'était pas de la terre de vigne. Ces filaments à cellules claviformes se trouvaient-ils là par hasard au milieu des filaments de Botrytis provenant du Sclerotium d'un Peziza. Ne représentent-ils pas plutôt une forme équivalente à ce Botrytis et la moisissure qui envahit les parties souterraines des vignes malades n'est-elle pas une phase de développement d'un Peziza?

RECHERCHES CALORIMÉTRIQUES

PAR

M. R. BUNSEN [1].

---

1. *Le calorimètre à glace.*

Les méthodes calorimétriques, dont on a fait usage jusqu'ici, ont toutes l'inconvénient d'exiger des quantités comparativement grandes du liquide calorimétrique, ainsi que de la substance soumise à l'expérience, pour que la perte de chaleur inévitable dans ces déterminations, et avec elle les corrections qu'elle nécessite soient aussi petites que possible relativement à la quantité totale de chaleur qu'il s'agit de mesurer. En suivant les méthodes ordinaires pour déterminer les chaleurs spécifiques, on ne peut guère, en effet, s'attendre à un résultat satisfaisant si l'on n'opère pas au moins sur 10 à 40 grammes de matière. Les substances rares offrent des difficultés presque insurmontables quand il s'agit de les obtenir en pareille quantité à l'état de pureté parfaite; cela seul suffit pour expliquer pourquoi nous ne connaissons pas encore la chaleur spécifique de tous les corps élémentaires qu'on a jusqu'ici réussi à isoler, bien que ces déterminations soient d'une importance capitale pour établir le poids atomique.

L'instrument que nous allons décrire est destiné à parer à cet inconvénient. Le principe d'après lequel il est construit consiste à déduire la mesure de la quantité de

[1] *Poggendorff's Annalen*, 1870, CXLI, p. 1.

glace fondue, dans le calorimètre, de la diminution de volume que cette glace a éprouvée.

Cet instrument, fig. 1, pl. I, qui se fait à la lampe d'émailleur, se compose d'un tube de verre *a*, qui a la forme d'un tube à réaction, et qui est soudé à la lampe dans le réservoir de verre *b*. Ce réservoir *b* se termine par un tube de verre *c*, qui, à son extrémité supérieure, est muni d'une douille en fer *d*, fixée avec du mastic. Le tube intérieur *a* est rempli d'eau bouillie de α à ω, ainsi que le réservoir extérieur *b* de β à λ; le reste du réservoir *b* et le tube *c*, jusqu'au niveau γ, sont remplis de mercure bouilli. Lorsqu'il s'agit de disposer l'instrument en vue d'une expérience, on produit dans le réservoir *b* un cylindre de glace qui enveloppe le tube *a*; on place ensuite tout l'appareil dans un grand vase, plein de neige, puis on introduit le tube gradué *s* à travers le mercure qui remplit la douille *d* dans l'extrémité du tube *c*. Ce tube a été mastiqué préalablement avec de la cire à cacheter fine dans le bouchon *k* qui ferme exactement l'extrémité de *c*. Par cette opération une portion du mercure pénètre dans le tube gradué. Afin de pouvoir bien serrer le bouchon dans le tube *c*, sans danger pour l'appareil qui est un peu fragile, on fixe ce dernier à un lourd pied en fer, au moyen d'une presse à vis, dont les mâchoires entourent et serrent fortement la partie inférieure de la douille de fer *d*.

Pour déterminer la quantité de chaleur qu'un corps abandonne en passant de la température qu'il possède à 0° C., on le laisse tomber dans l'eau du tube *a*, dont on ferme aussitôt l'ouverture δ par un bouchon, de manière à empêcher tout renouvellement d'air. Lorsqu'il s'agit de faire des mesures comparatives entre différentes quantités

de chaleur, comme dans les déterminations de chaleurs spécifiques, on obtient immédiatement ces mesures par le nombre de graduations dont le filet de mercure s'est abaissé dans les différents cas. Si l'on désire, au contraire, que la lecture du tube gradué donne une mesure absolue, par exemple en grammes de glace fondue ou en calories, et par calories nous entendrons, dans la suite de ce travail, la quantité de chaleur qu'absorbe 1 gramme d'eau à 0° C. pour s'élever à 1° C., il suffit de multiplier les indications de la graduation par une constante, qui s'obtient à l'aide de la considération suivante :

Supposons qu'une colonne de mercure, mesurée dans le tube gradué, pèse g grammes à une température t et occupe T divisions corrigées d'après la table de calibrage; supposons, en outre, que s_q représente la pesanteur spécifique du mercure à 0° C., et a son coefficient de dilatation, on aura pour le volume v d'une division de la graduation exprimée en centimètres cubes,

$$v = \frac{g\,(1+at)}{s_q\,T}.$$

L'instrument que j'ai employé donne les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} g &= 0{,}5326 \\ a &= 0{,}0001815 \\ t &= 9^\circ \text{ C.} \\ s_q &= 13{,}596 \\ T &= 507{,}4 \end{aligned}$$

par conséquent

$v = 0{,}00007733$ centimètres cubes . . . . (1)

Si l'on désigne par s_e la pesanteur spécifique de la glace à 0° C., par s_w la pesanteur spécifique de l'eau à

la même température, par p le poids en grammes de la glace qui a dû être fondue dans l'appareil pour qu'il se produise une contraction v, c'est-à-dire d'une division de la graduation, on a

$$\frac{1}{\frac{1}{s_e} - \frac{1}{s_w}} = \frac{p}{v}$$

ou

$$\frac{v\, s_w\, s_e}{s_w - s_e} = p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Nous possédons un grand nombre d'observations sur la pesanteur spécifique de la glace; mais l'on jugera du peu d'accord qu'elles présentent par les valeurs obtenues pour s.

Thomson	a trouvé	0,920
Heinrich	»	0,905
Osan	»	0,927
Royer et Dumas...	»	0,950
Brunner	»	0,918
Plucker et Geissler.	»	0,920
Kopp	»	0,908
Dufour...........	»	0,922 (maximum).
Dufour...........	»	0,914 (minimum).

Le désaccord qui existe entre les résultats de ces différents observateurs m'a mis dans la nécessité, pour le calcul de la constante p, de déterminer la valeur de s avec une plus grande exactitude qu'il n'a été possible de le faire jusqu'à présent. J'ai employé, dans ce but, le procédé suivant, qui écarte complétement les sources d'erreurs qui ont rendu incertaines les déterminations antérieures. La fig. 5, pl. I, représente un tube en U en verre dur et à parois épaisses, qui en a est étiré en pointe, tout en conservant encore une épaisseur suffisante. On remplit ce

tube jusqu'au niveau b_1 b avec du mercure que l'on fait bouillir comme pour un baromètre; puis, après avoir adapté un petit tube de caoutchouc à la pointe effilée *a*, on introduit dans la branche *a b*, au-dessus de *b*, une petite quantité d'eau distillée privée d'air, ce qui se fait facilement en échauffant l'air de cette branche et en la laissant ensuite se refroidir pendant que le tube de caoutchouc plonge dans l'eau. En faisant ensuite bouillir pendant une demi-heure l'eau introduite, tandis que l'extrémité *c* du tube de caoutchouc plonge dans de l'eau qu'on entretient en ébullition, l'on réussit, dès qu'on interrompt l'ébullition au point *b*, à remplir entièrement la branche *a b* avec de l'eau parfaitement privée d'air. On bouche alors sous l'eau le tube de caoutchouc avec un petit bouchon de verre, et l'on ferme la lampe en *a* à la partie étirée du tube de verre; ce qui se fait facilement sans chalumeau, à l'aide d'une flamme de gaz non lumineuse, si l'on a soin d'échauffer le tube jusqu'à ce qu'il ne renferme plus que de la vapeur à sa partie supérieure. Si l'on a pesé l'appareil avant l'introduction de l'eau, et qu'on le pèse de nouveau après avec la pointe qui en a été détachée et qu'il convient pour cela de bien sécher, on obtient le poids de l'eau enfermée dans l'appareil. On remplit ensuite complétement la branche ouverte avec du mercure bouilli, et cela au moyen d'un long fil de verre creux et capillaire pour éviter que des bulles d'air adhèrent au tube. Quand on expose l'appareil à l'air libre au-dessous de 0° C., il se forme dans le tube de verre un tube de glace correspondant, qui se ferme par places et qui contient encore de l'eau enveloppée par de la glace. Pendant la congélation des dernières parties d'eau, la glace déjà formée est exposée à une pression très-élevée, qui peut notablement

modifier la pesanteur spécifique de la glace, et qui peut même faire sauter le tube de verre, bien que ce dernier supporte une pression de 80 atmosphères. Pour éviter cet inconvénient et obtenir que la congélation s'effectue tout le temps à la même pression, il suffit simplement de plonger tout l'appareil dans de la sciure de bois fine, et de n'exposer que la partie supérieure *a* à l'air au-dessous de 0° C.; toutefois, pour éviter la congélation trop rapide résultant d'une surfusion, il faut préalablement, par un fort refroidissement, produire en *a* une masse de glace qu'on laisse ensuite peu à peu, par la fusion, se réduire à un petit grain. La congélation se propage alors très-régulièrement de *a* vers *b*, et peut être réglée très-facilement, en sortant au fur et à mesure de la sciure de bois, la branche qui contient l'eau. Le cylindre de glace présente à sa partie inférieure une concavité demi-sphérique très-régulière, qui progresse sans altération jusqu'à ce que les bords viennent toucher le mercure en *b*, et que les dernières parcelles d'eau soient congelées. Après que la congélation est terminée, on laisse l'appareil pendant quelque temps exposé à une température inférieure à 0° C. pour que les dernières traces d'eau, qui peuvent encore se trouver en *b* entre le mercure et la paroi de verre, se gèlent. Le cylindre de glace qu'on obtient de la sorte est entièrement dépourvu de bulles d'air et peut se comparer, pour la limpidité et la transparence, au verre de cristal le plus pur. On adapte ensuite l'appareil B au moyen d'un bon bouchon *e* à la branche ouverte de l'appareil A, de manière qu'il ne subsiste pas trace d'air entre le bouchon et le mercure, opération qui oblige le mercure déplacé à se réfugier par le tube capillaire *f* dans le réservoir de mercure *g*. Ce tube capillaire est mastiqué avec de la cire à

cacheter très-fine dans le bouchon *e* bien ajusté et dépourvu de pores. Il est inutile de mastiquer ce bouchon avec de la cire à cacheter au tube plus large dans lequel il entre, parce que, d'après les expériences directes que j'ai faites pour m'en assurer, on n'a à craindre ni son déplacement, ni des effets d'élasticité. Ainsi disposé, l'appareil est placé dans une chambre dont la température est aussi constante que possible, et entouré de tous côtés, jusqu'au-dessus du bouchon, d'une couche épaisse de neige, préalablement exposée à une température supérieure à 0° C., de façon à être rendue plastique, sans toutefois être pénétrée d'eau. Quand, après 6 ou 12 heures, tout l'instrument a acquis la température de 0° C., on sépare le réservoir de mercure du bouchon *h*, on le pèse, et, après avoir soigneusement enlevé les gouttelettes de mercure qui pouvaient adhérer au tube capillaire, on le remet à sa place. Après cela, on retire l'appareil de son enveloppe de neige, on fait fondre la glace en l'exposant au rayonnement d'une flamme de gaz non lumineuse placée tout auprès, puis on le remet dans la neige pour lui faire reprendre la température de 0° C. On enlève de nouveau le réservoir de mercure, et on le pèse. La différence entre les deux pesées donne le poids d'une certaine quantité de mercure qui a passé du réservoir dans le tube capillaire. Le volume de cette masse de mercure, réduit à 0° C., représente la diminution de volume que le cylindre de glace à 0° C. a éprouvé par sa fusion partielle en eau à 0° C. Si

G_w est le poids de l'eau gelée,
G_q le poids du mercure déplacé par suite de la fusion de la glace,
s_w la pesanteur spécifique de l'eau à 0° C.,
s_q la pesanteur spécifique du mercure à 0° C.,
s_e la pesanteur spécifique de la glace à 0° C.,

on a

$$\frac{G_q}{s_q} + \frac{G_w}{s_w} = \frac{G_w}{s_e}$$

par conséquent

$$\frac{s_w G_w}{G_w + \frac{s_w}{s_q} G_q} = s_e$$

Il m'a semblé superflu de faire plus de trois expériences, en présence de l'extrême exactitude que comporte cette méthode. Dans la première expérience, l'eau a gelé entre —3° C. et —5° C., dans la seconde entre —1° C. et —3° C., et dans la troisième entre 0° C. et —2° C. Voici les poids réduits au vide qu'on a trouvé :

	G_w =14,1580	grammes
1re expérience....	G_q =17,4400	»
2me expérience....	G_q =17,4624	»
3me expérience....	G_q =17,4757	»

Si l'on suppose, en outre,

$$s_w = 0{,}99988$$
$$s_q = 13{,}59600$$

on obtient pour la pesanteur spécifique de la glace s_e :

1re expérience	0,91682
2me expérience....	0,91673
3me expérience	0,91667
Moyenne des trois expériences....	0,91674

Par conséquent, pour les valeurs qui se trouvent dans l'équation (2) :

$$p = \frac{v\, s_e\, s_w}{s_w - s_e}$$

on obtient

$$v = 0{,}00007733$$
$$s_e = 0{,}91674$$
$$s_w = 0{,}99988$$

ce qui donne

$$p = 0{,}00085257.$$

Le poids e de la glace fondue, exprimé en grammes, et correspondant à T divisions corrigées de la graduation, est par conséquent

$$e = 0{,}00085257\ T \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Si l'on désigne par l la chaleur latente de fusion de l'eau, *une* division correspond à pl, unités de chaleur telles qu'elles ont été définies plus haut. Pour la quantité de chaleur w, que T divisions indiquent, on a

$$w = p\,l\,T$$

ou bien, si l'on remplace l par la valeur qu'on a trouvée dans la suite de ce travail,

$$w = 0{,}068227\ T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Comme le cylindre de glace qui entoure le tube *a*, fig. 1. pèse 40 à 50 grammes, tandis qu'à chaque expérience on ne fond guère plus de 0,35 grammes de glace, qui correspondent à un peu plus de 400 divisions, il s'en suit que l'on peut faire avec le même cylindre de glace plus de 100 déterminations calorimétriques, et que l'appareil, une fois monté, peut servir pendant des semaines, pourvu que, matin et soir, on entretienne l'enveloppe de neige dans son état primitif et normal.

La fig. 2 rend compte du procédé à l'aide duquel on peut se procurer facilement le cylindre de glace : A est un flacon contenant de l'alcool, B un flacon de fer-blanc vide; l'un et l'autre sont plongés dans un mélange réfrigérant de sel et de neige, qui les refroidit à —20° C. C représente le tube intérieur *a* de la fig. 1, autour duquel il s'agit de produire le cylindre de glace. Quand on produit une aspiration en *a*, l'alcool du vase A pénètre

par le tube C dans le vase B; quand, au contraire, on aspire en *b*, l'alcool revient par le tube C dans le vase A. Par des aspirations successives en *a* et en *b*, que l'on prolonge à volonté, on arrive, par le renouvellement continuel de l'alcool refroidi, à maintenir le tube C jusqu'à la hauteur *α*, à une température comprise entre —10° C. et —15° C., et à produire l'enveloppe de glace autour du tube C, par la congélation de l'eau représentée en *b* dans la fig. 1. J'ai donné à ce générateur de glace la forme représentée par la fig. 3 : les deux vases de fer-blanc demi-cylindriques *a* et *b* qui communiquent l'un avec l'autre, et avec le tube *a*, par le haut et par le bas, au moyen de tubes, correspondent au flacon A, fig. 2, les deux autres vases de fer-blanc tout semblables placés vis-à-vis et qui sont représentés en *c*, correspondent au flacon B de la fig. 2. Ces deux vases, offrant chacun deux chambres concentriques, présentent, comme on voit, une grande surface de refroidissement, et plongent dans le même mélange frigorifique. La disposition du système de tubes fig. 3, au moyen duquel on opère la circulation de l'alcool refroidi, est facile à saisir, parce qu'on a désigné les tubes de caoutchouc représentés dans la fig. 3 par les mêmes lettres que les tubes correspondants dans la fig. 2. L'aspiration, dans un sens et dans l'autre alternativement, s'effectue par le robinet H à trois voies, qui communique au moyen du tube de caoutchouc *w* avec une pompe pneumatique à eau. Dans une des positions, ce robinet établit la communication d'une part entre le tuyau *q* et le tube d'aspiration *w*, d'autre part entre le tuyau *p* et l'air extérieur; dans l'autre position, le tube d'aspiration *w* communique au contraire avec le tuyau *p* et *q* avec l'air extérieur. Avec cette disposition, la géné-

ration du cylindre de glace devient une opération très-simple: On place l'appareil frigorifique, avec les tubes de caoutchouc, dans le mélange froid, on adapte p et q au robinet H, w à la pompe pneumatique à eau, on enfonce le bouchon de caoutchouc, muni de ses tubes de caoutchouc m et n, en C dans le cylindre intérieur de l'appareil, enfin, on adapte les tubes m et n aux tubes de verre correspondants de l'appareil frigorifique. En tournant le robinet H, tantôt dans un sens tantôt dans l'autre, après avoir préalablement ouvert le robinet de la pompe pneumatique, on peut faire agir le courant d'alcool refroidi aussi longtemps que cela est nécessaire pour produire le cylindre de glace. La formation de ce dernier dans un appareil, qui, on le voit, est complétement à découvert, peut être suivie très-bien soit à l'œil nu soit à l'aide d'une lunette, et présente des particularités qui ne sont pas sans intérêt. La température de l'eau entièrement privée d'air qui se trouve dans le vase extérieur b, fig. 1, s'abaisse graduellement fort au-dessous de 0° C. sans que l'eau se solidifie, tandis que la surface extérieure du verre se recouvre d'une croûte de glace, due à la condensation de l'humidité de l'air; d'assez forts ébranlements ne parviennent même pas à mettre un terme à cette surfusion. Quand enfin la température s'est considérablement abaissée, la congélation s'opère subitement, et se propage en quelques secondes de λ à μ. Tout le vase, jusqu'à cette limite inférieure, se remplit d'une infinité de lamelles et d'aiguilles d'une glace laiteuse, opaque, tandis que l'eau comprise entre μ et β, qui est le niveau du mercure, n'est pas gelée. Ce n'est qu'à partir de ce moment, et en continuant le refroidissement que la formation du cylindre de glace commence; on le laisse

croître jusqu'à ce qu'il ait acquis une épaisseur de 6 à 10 millimètres. L'enveloppe de glace, dans sa portion inférieure à μ, est très-régulière, parfaitement amorphe, limpide et transparente comme le verre de cristal le plus pur; la portion supérieure entre μ et λ est trouble et présente une texture semblable à des fibres grossières enchevêtrées; quand l'appareil, une fois mis en jeu, a séjourné plusieurs jours dans de la neige à 0° C., cette texture fibreuse grossière disparaît complétement : la masse de glace entre μ et λ se trouve alors composée de grains sphériques unis et transparents. Si, après un long usage, on expose l'appareil à la chaleur de la chambre, ces granules fondent à la surface, se détachent des parties voisines, s'élèvent dans le liquide, et présentent parfois un arrangement qui rappelle les champignons de la levure.

Pour se familiariser avec les phénomènes qui accompagnent la formation de la glace, en tant qu'ils jouent un rôle dans l'emploi de l'instrument, on a observé pendant un temps prolongé le calorimètre muni de son cylindre de glace, et soigneusement entouré de neige. Dans ce but, comme pour toutes les expériences subséquentes, le calorimètre était placé dans un grand vase à décanter en terre, muni à sa partie inférieure d'une ouverture pour laisser passer continuellement, goutte à goutte, l'eau qui résultait de la fusion de la neige, de façon que la partie inférieure de l'appareil ne fût jamais en contact avec l'eau formée. L'instrument se recouvre très-vite d'une croûte continue de givre. Quand au bout de douze à quinze heures, il s'est formé, par la fusion extérieure du givre, un espace libre contre la paroi du vase de terre, on augmente cet espace en enlevant, avec une spatule de bois, le givre cohérent, mais non compacte qui le borde,

et qu'on introduit dans le vide qui s'est formé sous le calorimètre, en ayant soin de remplacer la neige fondue par de la nouvelle.

La première expérience a été faite avec de la neige fraîchement tombée, prise à la partie supérieure d'une couche de neige propre, dans laquelle ne se trouvait aucune impureté provenant de la surface de la terre. On en avait fait une provision de quelques quintaux dans une grande caisse de bois. Avec une semblable provision, qui permet de remplacer deux fois par jour la neige fondue dans le calorimètre, on peut entretenir ce dernier en fonction pendant des semaines sans qu'il soit nécessaire de renouveler le cylindre de glace.

Pendant toute la durée des observations, qui prirent cinq jours, le tube intérieur, enveloppé du cylindre de glace, fut fermé par un bouchon de caoutchouc, et l'appareil tout entier, sauf la graduation, fut plongé dans la neige fondante. La température de la chambre, dans laquelle on opérait, variait entre 0°,5 C. et 6° C. Les résultats des expériences sont réunis dans le tableau I ci-dessous. Dans la première colonne I, on a marqué le temps des observations en heures; dans la colonne II, les indications de la graduation du calorimètre, correspondant à ces temps; les valeurs accompagnées d'un astérisque sont celles qui ont servi, par interpolation, à calculer les autres. Jusqu'à la trente et unième heure on a pesé le mercure qui sortait du tube gradué, et les poids étaient convertis en degrés de l'échelle au moyen de l'équation (1). La colonne III a été calculée à l'aide de l'équation (3), et donne le poids exprimé en grammes de la glace qui s'est formée dans l'instrument depuis le commencement de l'expérience.

Tableau 1.

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
0	0,0	0,0	41	2739,8	2,3358	82	2810,5	2,3961
1	633,8	0,5404	42	2740,3	2,3363	83	2811,6	2,3971
2	1267,6	1,0807	43	2740,8	2,3367	84	2812,8	2,3981
3	1901,4*	1,6211	44	2741,3	2,3371	85	2813,9	2,3990
4	2033,1	1,7334	45	2741,8*	2,3376	86	2815,0	2,4000
5	2164,8	1,8456	46	2743,3*	2,3389	87	2816,1	2,4009
6	2296,5	1,9579	47	2744,7	2,3401	88	2817,2	2,4018
7	2428,2*	2,0702	48	2746,2*	2,3413	89	2818,4	2,4029
8	2443,4	2,0832	49	2747,0	2,3420	90	2819,5	2,4038
9	2458,6	2,0961	50	2747,8	2,3427	91	2820,6*	2,4048
10	2473,8	2,1091	51	2748,6	2,3434	92	2822,2	2,4061
11	2489,0	2,1220	52	2749,4	2,3441	93	2823,9*	2,4076
12	2504,2*	2,1350	53	2750,3*	2,3448	94	2825,1	2,4086
13	2528,6	2,1558	54	2751,6*	2,3460	95	2826,4	2,4097
14	2553,0	2,1766	55	2753,0*	2,3471	96	2827,6*	2,4107
15	2577,4	2,1974	56	2754,4	2,3483	97	2828,9	2,4118
16	2601,8	2,2182	57	2755,8*	2,3495	98	2830,2	2,4130
17	2626,2	2,2390	58	2758,0	2,3514	99	2831,6	2,4141
18	2650,6	2,2598	59	2760,2	2,3533	100	2832,9*	2,4152
19	2675,0	2,2806	60	2762,4	2,3551	101	2834,2	2,4164
20	2699,4	2,3014	61	2764,6	2,3570	102	2835,6	2,4176
21	2723,8*	2,3222	62	2766,9	2,3590	103	2836,9*	2;4186
22	2724,8	2,3231	63	2769,1	2,3608	104	2837,6	2,4193
23	2725,8	2,3239	64	2771,3	2,3627	105	2838,3	2,4199
24	2726,8	2,3248	65	2773,5	2,3591	106	2839,0	2,4204
25	2727,8	2,3256	66	2775,7	2,3665	107	2839,7	2,4211
26	2728,8	2,3265	67	2777,9	2,3684	108	2840,4	2,4217
27	2729,8	2,3273	68	2780,9	2,3709	109	2841,1	2,4223
28	2730,8	2,3282	69	2783,9*	2,3735	110	2841,8	2,4229
29	2731,8	2,3291	70	2786,2	2,3754	111	2842,5	2,4234
30	2732,8	2,3297	71	2788,5*	2,3774	112	2843,2*	2,4240
31	2733,8	2,3307	72	2790,7	2,3793	113	2843,9	2,4246
32	2734,8	2,3316	73	2792,9	2,3811	114	2844,6*	2,4252
33	2735,8*	2,3324	74	2795,0	2,3829	115	2844,6	2,4252
34	2736,3	2,3329	75	2797,1	2,3847	116	2844,6*	2,4252
35	2736,8	2,3333	76	2799,2	2,3865	117	2844,6	2,4252
36	2737,3	2,3337	77	2801,3*	2,3883	118	2844,6*	2,4252
37	2737,7	2,3342	78	2803,2	2,3899	119	2844,6	2,4252
38	2738,3	2,3346	79	2805,2*	2,3916	120	2844,6*	2,4252
39	2738,8	2,3350	80	2807,3	2,3934			
40	2739,3	2,3354	81	2809,4*	2,3952			

Ce tableau montre que, pendant les sept premières heures, 2 grammes environ de l'eau contenue dans le calorimètre et soumise ainsi à la température de la neige fondante, ont passé à l'état de glace, que, de plus, cette congélation a continué dans une proportion décroissante pendant cent quatorze heures, et qu'après ce long espace de temps, l'eau cessa de se geler dans l'instrument lorsque celui-ci continuait à être soumis à la température de la neige fondante. La quantité de glace considérable, et hors de proportion qui se forme au commencement de l'expérience, provient de la basse température que possède, à l'origine, le cylindre de glace engendré entre —15° C. et —20° C. On peut, en effet, s'assurer de ce fait par la considération suivante : si l'on suppose que la quantité de glace g qui s'est formée pendant les sept premières heures, résulte du refroidissement qu'a éprouvé l'eau pour échauffer le cylindre de glace de $-t^o$ à 0°, on obtient la température moyenne à laquelle le cylindre a dû avoir été pour produire ce poids de glace, par l'équation :

$$t = \frac{l g}{s_w \, G}$$

dans laquelle l représente la chaleur latente de fusion de l'eau s_w la chaleur spécifique de la glace et G le poids du cylindre de glace refroidi à t^o. Dans cette équation, G seul est inconnu. Pour évaluer G, la série d'observations du tableau I étant terminée, on a plongé l'extrémité ouverte du tube gradué dans un petit vase rempli de mercure, dont on avait préalablement déterminé le poids, puis après avoir laissé fondre le cylindre de glace et ramené l'instrument à 0° C., on a déterminé la perte de poids G_1 du petit vase de mercure. Le poids du cylindre de glace que l'on cherchait est :

$$G = \frac{G_1 p}{s_q v},$$

où s_q est la pesanteur spécifique du mercure à 0° C., p le poids de glace fondue (équation 3), qui correspond à une division de l'instrument et v l'espace occupé par une division (équation 1). Les valeurs numériques des termes qui composent cette équation et la précédente, sont :

l =80,03
s_q =13,596
s_w = 0,48
g = 2,13 grammes.
G =61,227 grammes.
p = 0,0008526 gr.
v = 0,00007733 centimètres cubes.

En introduisant ces valeurs dans les équations, on obtient pour le poids du cylindre de glace qui a servi dans ces expériences :

$$G = 49{,}65 \text{ grammes},$$

et pour la température de ce cylindre :

$$t = -6^{\circ}{,}95 \text{ C.}$$

Par conséquent, il suffisait que le cylindre de glace, engendré à une température d'au moins —15° C., eût encore, après l'introduction de l'instrument dans la neige, une température de —7° C., pour produire, par son échauffement à 0° C. la quantité de glace résultant des sept premières heures d'observations. Les déterminations de chaleurs spécifiques qui sont rapportées plus loin, permettent de conclure qu'un laps de temps de sept heures est plus que suffisant pour égaliser, dans l'instrument une différence de température de 7° C.; il faut donc attribuer la formation de la glace, qui, selon le

tableau I, se prolonge pendant plus de cent heures, à une autre cause que celle qui a été indiquée. Sans nous préoccuper ici de savoir si cette cause tient à l'air que renferme l'eau de neige, comme l'admet M. C. Schultz [1], ou bien si la transformation de la neige en névé y joue un rôle, il nous suffit tout d'abord de rechercher quelques-unes des influences qui contribuent à abaisser le point de fusion de la glace, et qui méritent une attention spéciale dans l'emploi du calorimètre à glace. Quand on imbibe la neige pure qui entoure l'appareil d'eau bouillie, ou d'eau distillée à 0° C., agitée préalablement avec de l'air, et en quantité égale à celle que cette neige retient lorsqu'on la laisse s'égoutter, il ne se produit pas de congélation, à ce que l'on a constaté du moins pendant les douze heures qu'ont duré les expériences; mais il s'opère dans l'instrument une fusion de glace telle que toute observation est rendue impossible. D'autre part, la moindre impureté de la neige a pour conséquence une augmentation continue, si considérable du cylindre de glace que le mercure s'élève souvent de plusieurs divisions dans une minute. La neige qui renferme de faibles traces des sels contenus dans la terre ou d'autres impuretés, soit animales, soit végétales provenant du sol des rues, présente, de la manière la plus frappante, cet abaissement du point de fusion. De la glace de rivière assez pure pour que l'eau qui s'en écoulait par la fusion fût à peine troublée à la longue par une dissolution de chlorure de barium et de nitrate d'argent, a produit dans l'appareil deux grammes de glace en trois jours. Il résulte clairement de ces observations, que dans les expériences en

[1] *Poggendorff's Annalen*, t. CXXXVII, p. 253. — *Archives*, 1869, t. XXXVI, p. 45.

question il ne faut employer que la neige la plus pure. En outre, il convient d'opérer dans une chambre où la température ne dépasse pas trop 0° C., et de ne commencer les observations que lorsque l'accroissement du cylindre de glace ne se traduit plus que par quelques divisions à l'heure. Mais il est particulièrement important de s'assurer, avant qu'on introduise l'instrument dans la neige pour le laisser prendre une température constante, qu'il s'est formé par la fusion une petite couche d'eau entre la paroi de verre et le cylindre de glace que ce verre contient, pour éviter des tensions inégales et les effets d'élasticité qui en résultent.

L'exactitude des observations dépend avant tout du soin que l'on apporte lors de la construction de l'instrument à chasser, d'une manière absolue, l'air que pourraient avoir absorbé l'eau et le mercure qu'on y a introduit. Voici comment il faut s'y prendre : l'appareil rempli à moitié d'eau bouillie est fixé à un pied, l'ouverture tournée en bas; cette ouverture du tube *c*, fig. I, non encore munie de la douille en fer, est plongée dans un bocal de verre plein d'eau que l'on maintient en ébullition constante. Cela étant, l'on fait bouillir l'eau introduite dans l'appareil et qui s'y élève jusqu'en β de manière à la réduire au tiers de son volume. Ensuite, lorsqu'on retire la lampe, l'appareil se remplit de lui-même d'eau privée d'air. Quand il est refroidi et replacé dans la position indiquée dans la figure, on y introduit jusqu'à la hauteur β du mercure récemment bouilli, et en quantité telle que son niveau soit à peu près le même dans le vase *b* et dans le tube *c*. Cela fait, on soutire, à l'aide d'un syphon, la plus grande partie de l'eau contenue dans le tube *c*, et on achève d'enlever les dernières traces d'hu-

midité au moyen de la pompe pneumatique à eau et d'un courant d'air sec. C'est alors seulement qu'on mastique avec de la cire à cacheter fine, la douille en fer *d*, en la disposant de telle façon, que le tube *c* en dépasse un peu le fond et puisse recevoir directement le bouchon du tube gradué sans qu'il soit nécessaire de l'introduire dans l'ouverture de la douille. Le mercure bouilli qu'on rajoute ensuite jusqu'au niveau γ, est introduit à l'aide d'un tube de verre capillaire, de manière à éviter le dépôt de bulles d'air contre la paroi du tube.

Pour qu'à chaque expérience le niveau du mercure dans le tube gradué, se trouve sur une des premières divisions de la graduation, il suffit, par un mouvement tournant, de faire pénétrer le bouchon du tube gradué un peu plus profondément dans le tube à mercure *c*, fig. I. Si le niveau, dans cette opération, a dépassé la première partie de la division, on introduit dans le liquide *a*, fig. I, un petit poids de laiton suspendu à un fil, et qu'on a préalablement un peu chauffé dans la main ou sous la langue. Dans la supposition que le petit poids de laiton pèse g grammes, que sa température soit t, sa chaleur spécifique s_m, la chaleur latente de fusion de l'eau l et que p représente le poids de glace fondue correspondant à une division de la graduation, tel qu'on le déduit de l'équation (2); l'introduction du poids de laiton g fera avancer le mercure de

$$\frac{s_m\, t g}{l p}$$

divisions. Si maintenant

$$t = 37° \text{ C.}$$
$$s_m = 0{,}0939$$
$$l = 80{,}03$$
$$p = 0{,}000853$$

et g successivement 0,1, 0,2, 0,4, 0,6....... grammes on obtient, pour ces poids en nombres ronds, les reculs suivants du niveau du mercure :

0,1	gramme	5	divisions
0,2	»	10	»
0,4	»	20	»
0,6	»	30	»
0,8	»	40	»
1,0	»	50	»

En introduisant l'un ou l'autre de ces poids de laiton préalablement chauffés sous la langue, on peut faire revenir le niveau du mercure où l'on veut. Les déplacements qui correspondent à ces petits poids, chauffés seulement à 37° C., constatent, d'une manière saisissante, la sensibilité extraordinaire de l'instrument. L'élévation de température que 0,4 grammes de laiton à 37° C., produiraient par leur immersion dans les 20 grammes d'eau environ que renferme l'appareil, déplacerait le niveau du mercure d'un thermomètre centigrade de 0°,07 C., tandis que dans le calorimètre, dont nous nous occupons, cette déviation est de vingt divisions de 1 millimètre chacune.

La manière la plus avantageuse de faire la lecture des divisions, consiste dans l'emploi d'une lunette. Nous remarquerons ici qu'il faut avoir soin, surtout si le tube gradué est étroit, de lui imprimer, avant chaque expérience, un ébranlement par de petits coups répétés, jusqu'à ce que la résistance due à la capillarité soit surmontée, et que le niveau du mercure ne change plus de place sous l'influence de nouveaux coups.

Le tableau 1 prouve que le niveau du mercure de l'instrument n'était généralement pas complétement stationnaire. Le déplacement, qui, dans le courant d'une



heure, pouvait s'élever à une ou trois divisions dans un sens ou dans l'autre, est à peu de chose près, proportionnel au temps, comme on peut s'en convaincre pendant que le calorimètre fonctionne. Voici comment on élimine la petite erreur qui en résulte : Dès qu'on aperçoit que l'instrument est suffisamment stationnaire, on note le niveau du mercure de 30 minutes en 30 minutes. Si le déplacement de ce dernier dans m_0 minutes est de τ_0 divisions, le déplacement qu'il faut attribuer pour une minute à des influences étrangères est :

$$\frac{\tau_0}{m_0}.$$

On observe maintenant le temps M_0 et le niveau de la colonne de mercure Q_0 au moment où, après avoir retiré la substance à examiner de l'étuve *f*, fig. IV, on la laisse tomber dans le tube *a*, fig. I, du calorimètre, puis l'on répète les mêmes observations une heure plus tard, ce qui fournit M et Q; enfin, l'on détermine, comme en commençant le déplacement du mercure qui est dû aux causes étrangères.

$$\frac{\tau_1}{m_1}.$$

La moyenne du déplacement qui n'est pas dû à l'expérience, s'élève pour une minute à

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\tau_0}{m_0}+\frac{\tau_1}{m_1}\right)$$

et pour toute la durée de l'expérience à

$$(M_1-M_0)\frac{1}{2}\left(\frac{\tau_0}{m_0}+\frac{\tau_1}{m_1}\right)$$

divisions. Cette valeur doit être ajoutée comme correction à l'amplitude totale du déplacement du mercure

Q_0—Q_1 observé pendant l'experience, à savoir : avec le signe moins quand le déplacement indépendant de l'expérience s'exerce dans le sens de la fusion de la glace, et avec le signe plus quand il s'exerce dans le sens opposé. Pour le déplacement T, qui correspond à la chaleur qu'il s'agit de mesurer, on obtient dès lors l'équation :

$$T = (Q_0 - Q_1) + (M_1 - M_0)\frac{1}{2}\left(\frac{\tau_0}{m_0} + \frac{\tau_1}{m_1}\right) \dots \quad (5);$$

il est à peine nécessaire d'ajouter qu'aux résultats que fournissent les observations, il faut substituer les valeurs correspondantes du tableau de calibrage.

2. *Détermination de la chaleur spécifique.*

Pour déterminer la chaleur spécifique d'une substance, le plus simple est d'évaluer, une fois pour toutes, en divisions de la graduation la quantité de chaleur qu'abandonne *un* gramme d'eau en se refroidissant de 1° C. à 0° C., et de diviser par la valeur W_w ainsi obtenue, la quantité de chaleur que perd *un* gramme de la substance à étudier pour la même différence de température. Si l'on représente par G le poids de la substance, par t sa température et par T le nombre corrigé des divisions dont le niveau du mercure s'est déplacé dans la graduation, on obtient la chaleur spécifique S que l'on cherche par l'équation :

$$S = \frac{T}{W_w G t} \dots \dots \dots \dots \quad (6)$$

dans laquelle t représente la température de l'ébullition de l'eau sous la pression barométrique accusée pendant l'expérience.

Pour communiquer aux substances la température constante t, on se sert de l'appareil représenté, fig. 4, au sixième de sa grandeur réelle. Le vase de fer blanc A, muni d'un tube de verre extérieur pour mesurer la hauteur de l'eau, contient une quantité d'eau suffisante pour pouvoir fournir, à l'aide d'une petite lampe à gaz, un courant de vapeur continu pendant douze heures. Le courant de vapeur est conduit par le tube de caoutchouc *a* dans l'enveloppe de verre extérieure B, qui communique elle-même par le tube de caoutchouc *b* avec un réfrigérant ordinaire. Dans l'enveloppe B, continuellement remplie de vapeur, se trouve l'étuve *f* sous la forme d'un tube à réaction en verre mince, dont l'ouverture n'est pas évasée, mais, au contraire, un peu rétrécie. Cette ouverture dépasse de quelques millimètres le bouchon de caoutchouc qui ferme l'enveloppe extérieure B. Quand la substance que l'on veut échauffer a séjourné pendant une heure environ dans le tube *f*, enveloppé de toutes parts par le courant de vapeur, on saisit l'appareil tel quel par l'anneau de liége *n*, et on porte l'ouverture *p* encore bouchée vers l'ouverture du calorimètre δ, fig. 1, également bouchée, on enlève rapidement les bouchons, tout en inclinant l'étuve, et on laisse tomber la substance dans l'eau *a*, fig. 1. La chute de la substance ne dure qu'une petite fraction de seconde; de sorte que, pendant cette opération, le refroidissement est assez faible pour qu'on puisse n'en pas tenir compte.

Au fond du tube *a*, fig. 1, se trouve un petit tampon de ouate bien imbibé d'eau, et qui est entouré d'un fil de platine pour l'empêcher de s'élever. Ce coton a un double but : il sert premièrement à préserver le tube *a* des détériorations que pourrait occasionner la chute de

corps pesants dans son intérieur; en second lieu, il facilite la sortie des substances qui ont servi à l'expérience : dans ce but, on introduit dans le coton un fil de métal qui se termine en tire-bouchon, on soulève ce dernier jusqu'à l'ouverture du tube, on enlève la substance, puis, à l'aide du fil, on remet le coton à sa place primitive.

L'avantage capital que présente l'appareil que nous venons de décrire, abstraction faite de la grande sensibilité qu'il possède comparativement à tous les autres instruments calorimétriques, consiste en ce que toute la chaleur que le corps échauffé abandonne est employée sans aucune perte à faire fondre la glace. Le substance introduite dans l'eau à 0° C. qui est contenue dans le tube *a*, fig. 1, a une masse si petite, comparée à celle de cette eau elle-même, que la température ne peut jamais s'élever à 4° C. Comme cette température est celle du maximum de densité, il s'en suit que la petite quantité d'eau réchauffée qui se trouve au fond du tube *a* ne peut jamais s'élever, et se trouve préservée de toute perte de chaleur par la colonne d'eau à 0° C. qui repose sur elle, et dont la conductibilité pour la chaleur est insignifiante. On reconnaît très-bien ce fait à la forme du cylindre de glace, quand ce dernier a servi à 30 ou 40 expériences. On aperçoit alors dans la glace, tout autour de la convexité du tube *a*, un espace creux qui s'est rempli d'eau par la fusion, et qui a la forme d'un flacon à digestion, tandis qu'au-dessus le cylindre de glace est parfaitement intact.

Le poids de la substance à examiner variera selon la grandeur de la chaleur spécifique à laquelle on s'attend; il n'a pas besoin d'excéder les limites de 0,3 grammes à 4

grammes au plus. Lorsque la substance est liquide, ou dans le cas où elle peut subir une altération au contact de l'air ou de l'eau, on l'introduit au préalable, comme pour des analyses organiques, dans une petite ampoule de verre très-mince, dont on détermine le poids en même temps que celui de la substance. Si la substance plongée directement ou placée dans l'ampoule nage sur l'eau, on la charge d'une spirale de platine, soigneusement pesée, et dont le poids est suffisant pour la faire enfoncer. Il serait peut-être encore préférable d'employer, dans tous les cas, un petit vase léger en platine fermant hermétiquement. La quantité de chaleur qu'abandonnent l'ampoule de verre et la spirale de platine est appréciée de la manière suivante : Si l'on désigne par G_g le poids de l'ampoule de verre, par t sa température, et par W_g la quantité de chaleur, mesurée en divisions de la graduation, que 1 gramme de l'enveloppe de verre abandonne en se refroidissant de 1° C. à 0° C., si, en outre, on désigne par G_p, t et W_p les mêmes valeurs pour le platine, l'équation (6) devient

$$S = \frac{\frac{T}{t} - (W_g G_g + W_p G_p)}{W_g G} \cdots\cdots \quad (7)$$

Il faut, en premier lieu, déterminer une fois pour toutes les constantes W_g, W_p et W_w. W_p s'obtient par l'équation

$$W_p = \frac{T}{Gt}$$

d'après les observations suivantes, dans lesquelles G représente le poids du platine employé :

T =215,6
t =100°,0 C.
G =4,5942 grammes

d'où :

$$W_p = 0,4692$$

W_g a été calculé au moyen de la même équation, d'après les observations suivantes, qui ont été calculées sur deux espèces de verre. G représente le poids du verre employé, et les éléments nécessaires à la détermination de T par l'équation (5) sont donnés.

Tableau 2.

			Espèce de verre 1	Espèce de verre 2	
			Expérience 1.	Expérience 2.	Expérience 3.
Poids du verre		G	0,5706 gr.	1,0114 gr.	1,4319 gr.
Température du verre..		t	99°.74 C.	99°,474 C.	99°,474 C.
Durée de l'expérience..		$M_1 - M_0$	29′	87′	56′
Marche du mercure sous l'action des causes étrangères ..	av. l'expér.	$\frac{\tau_0}{m_0}$	$-0,1$	0,0	$+0,005$
	ap. l'expér.	$\frac{\tau_1}{m_1}$	$-0,1$	0,0	$+0,014$
Amplitude du déplacement du mercure. . .		$Q_0 - Q_1$	159,1	287,9	410,4

Pour la première espèce de verre l'on a :

$$W_g = 2,7446;$$

pour la seconde,

$$W_g = 2,8616$$
$$W_g = 2,8777$$

Moyenne..... $= 2,8697$

W_w a été obtenu au moyen de l'équation

$$W_w = \frac{\frac{T}{t} - (W_g G_g + W_p G_p)}{G}$$

d'après les résultats des deux expériences suivantes :

Tableau 3.

		Expérience 1.	Expérience 2.
Poids de l'eau	G	0,3333	0,3333
Poids de l'ampoule de verre	G_g	0,2223	0,2223
Poids de la charge de platine	G_p	0,5230	0,5230
Température des corps immergés	t	99°,474 C.	99°,474 C.
Durée de l'expérience	M_1-M_0	76′	86′
Marche du mercure sous l'action des causes étrangères — avant l'expér.	$\frac{\tau_0}{m_0}$	0,0	+0,067
— après l'expér.	$\frac{\tau_1}{m_1}$	0,0	+0,064
Amplitude du déplacement du mercure	Q_0-Q_1	573,9	568,1

Constantes........... $W_p = 0,4692$; $W_g = 2,870$

D'après le calcul on obtient :

Pour l'expérience 1 : $W_w = 14,660$
Pour l'expérience 2 : $W_w = 14,654$
En moyenne...... $W_w = 14,657$

Pour rendre plus claire la méthode qui vient d'être décrite, je vais suivre les résultats de la détermination de quelques substances chimiquement pures, dont la chaleur spécifique a été déterminée avec une grande exactitude par la méthode des mélanges en usage jusqu'ici. Les éléments d'observation de ces expériences sont réunis dans le tableau 4 ci-dessous, dans lequel la désignation des lettres se rapporte aux équations (5) et (7).

Tableau 4.

Substance soumise à l'expérience		Argent fondu	Zinc fondu	Antimoine fondu	Cadmium fondu	Soufre en canons très-vieux
Poids de la substance	G	3,6320	2,5150	3,8575	1,8675	1,0708
Poids de l'ampoule de verre. .	G_g	0	0	0	0	0
Poids de la charge de platine.	G_p	0	0	0	0	0
Température de la substance. .	t	100°,00 C.	99°,80 C.	99°,80 C.	99°,80 C.	100°,00 C.
Durée de l'expérience	M_1-M_0	60′	60′	64′	63′	55′
Marche du mercure sous l'action des causes étrangères . . . avant l'expér.	$\frac{\tau_0}{m_0}$	0	0	0	0	0
Marche du mercure sous l'action des causes étrangères . . . après l'expér.	$\frac{\tau_1}{m_1}$	0	0	0	0	0
Amplitude du déplacement du mercure	Q_0-Q_1	297,7	343,8	279,5	146,7	268,8
Constante	W=14,657					

Dans le tableau 5 sont réunies les chaleurs spécifiques calculées d'après ces valeurs, en regard de celles que M. Regnault a trouvées par la méthode des mélanges.

Tableau 5.

Substances.	Calorimètre à glace. a	D'après Regnault. b	$a-b$
Eau	1,0000	1,0000	—
Argent.........	0,0559	0,0570	—0,0011
Zinc...........	0,0935	0,0956	—0,0021
Antimoine......	0,0495	0,0508	—0,0014
Cadmium.......	0,0548	0,0567	—0,0019
Soufre.........	0,1712	0,1764	—0,0052

On voit que les résultats obtenus par le calorimètre à glace s'écartent très-peu de ceux que M. Regnault a trouvé par la méthode des mélanges, mais qu'ils sont constamment un peu plus faibles. Je ne saurais décider, vu le petit nombre d'expériences, si cet écart constant tient à la différence des méthodes employées [1]. Je me suis efforcé, en effet, d'éviter toutes les sources d'erreurs probables; mais je n'ai pas pu apporter à ces recherches un soin exclusif, étant occupé à d'autres travaux pendant le même temps.

Le tableau 6 qui suit renferme les résultats de quelques expériences sur des corps simples purs, dont on n'avait pas pu jusqu'à présent déterminer la chaleur spécifique.

[1] La différence, du reste fort petite, existant entre les résultats obtenus par ces deux physiciens peut, ce nous semble, s'expliquer par le fait qu'ils ont opéré à des températures très-différentes. Les expériences de M. Regnault ont été faites dans des limites de température beaucoup plus élevées que celles de M. Bunsen. (*Réd.*)

Tableau 6.

Substance		Indium	Indium	Ruthénium	Calcium	Calcium	Etain allotropique	Etain fondu
Poids de la substance	G	1,1514	1,1514	1,7927	0,2823	0,2823	2,2394	3,0017
Poids de l'ampoule	G_g	0	0	0,3287	0,6683	0,6683	0,3953	0
Poids de la charge de platine	G_p	0	0	0,4239	0,4239	0,4239	0	0
Température de la substance	t	99°,82 C.	99°,82 C.	99°,60 C.	99°,78 C.	99°,78 C.	99°,786 C.	99°,606 C.
Durée de l'expérience . . .	M_1-M_0	46′	47′	106′	65′	76′	66′	65′
Marche du mercure sous l'action des causes étrangères. avant l'exp.	$\frac{\tau_0}{m_0}$	—0,130	—0,063	—0,160	—0,090	—0,052	—0,120	0,090
Marche du mercure sous l'action des causes étrangères. après l'exp.	$\frac{\tau_1}{m_1}$	—0,020	—0,037	—0,110	—0,130	—0,076	—0,16	0,13
Divisions parcourues par le mercure	Q_0-Q_1	100,2	97,5	276,8	280,2	277,3	296,0	252,1

Constantes. . . . . $W_g = 2{,}745$; $W_p = 0{,}4692$; $W_w = 14{,}657$.

Tableau 7.

Corps simples.	Chaleur spécifique a.	Poids atomique b.	Chaleur atomique $a \times b$.
Ruthénium	0,0611	52,0	3,18
Calcium	0,1722	20,0	3,44
Calcium	0,1686	20,0	3,37
Étain allotropique..	0,0545	58,8	3,21
Étain fondu.......	0,0559	58,8	3,39
Indium...........	0,0574	37,8	2,17
Indium...........	0,0565	37,8	2,13

J'ai quelques remarques à faire sur les matières qui ont servi dans ces expériences, et sur les résultats qui ont été obtenus : Le ruthénium avait été extrait des résidus de fer entièrement dépourvus d'osmium, provenant de la Monnaie de Saint-Pétersbourg. On a utilisé, dans ce but, la poudre grise qui résulte du traitement de ces résidus par le chlorure de baryum et un courant de chlore; fondue avec de la potasse hydratée, cette poudre produit une quantité considérable de ruthénate de potasse. L'oxyde qu'on obtient en soumettant ce sel à une précipitation fractionnée par l'acide carbonique, a été converti en chloride par l'acide chlorhydrique; la dissolution aqueuse de ce chloride, exposée à un courant de gaz hydrogène, a fourni un précipité métallique en lames brillantes que l'on a eu soin de porter à l'incandescence dans un courant d'hydrogène, de manière à faire disparaître les dernières traces d'oxyde. L'analyse a prouvé que le métal ainsi préparé ne renfermait aucun des autres métaux du groupe du platine. La chaleur spécifique qui a été trouvée pour ce métal s'accorde, comme on devait s'y attendre, avec le poids atomique admis jusqu'ici.

Le calcium a été obtenu par l'électrolyse du chlorure de calcium fondu. Il se présente sous la forme de petites boules à éclat métallique, d'un jaune d'or pâle, et qui deviennent rapidement grises à l'air. Avant de les enfermer dans l'ampoule, on leur rendait le brillant en les frottant dans une atmosphère d'acide carbonique. D'après les essais analytiques, elles sont presque parfaitement pures. En se fondant sur le volume atomique qui a été trouvé, il faut admettre que le poids atomique adopté jusqu'à présent $Ca=20$ est exact, et qu'il ne doit *pas* être réduit de moitié, comme on a été conduit à le faire pour les autres métaux alcalins.

Nous avons désigné ici par étain allotropique la singulière modification de ce métal, qui se produit quand on expose le métal ordinaire à une température très-basse et prolongée. Le morceau qui a été soumis à l'expérience provient de la grande masse de métal sur laquelle M. Fritsche a observé le premier cette remarquable allotropie, dont il a donné la description. Cette masse, modifiée par le froid intense et continu d'un hiver exceptionnellement long, se composait d'un amas de petites tiges anguleuses accolées sans grande cohésion dans une même direction, et se brisant sous une faible pression. Cet étain, d'après mes observations, jouit d'une grande pureté, il ne renferme aucune trace d'antimoine, ni d'arsenic, et se dissout complétement dans le trisulfure de potassium, sans laisser un résidu de sulfure basique. Les petites tiges qui le composent ne sont pas cassantes, mais ductiles comme l'étain ordinaire. L'étain non allotropique, que j'ai examiné, a été obtenu en fondant l'allotropique. Les deux modifications ont conduit, à peu de chose près, à la même chaleur spécifique.

L'indium employé était entièrement dépourvu d'étain, de cadmium et de fer. Après l'oxydation par l'acide nitrique, et l'évaporation avec de l'acide sulfurique, le résidu repris par l'alcool ne laissait aucune trace de sulfate de plomb. 1,0592 grammes de métal, dissous sans perte dans l'acide nitrique, ont laissé après l'évaporation et la calcination 1,2825 d'oxyde d'indium. Si, selon l'opinion générale, on considère ce dernier comme étant composé du même nombre d'atomes d'oxygène et d'indium, on obtient par le calcul de cette expérience la valeur

$$In = 37,92$$

pour le poids de l'atome de l'indium, qui s'accorde assez exactement avec celui que Winkler a trouvé :

$$In = 37,81.$$

Ce poids atomique, multiplié par la chaleur spécifique s_c trouvée, donne toutefois pour la chaleur atomique de l'indium une valeur

$$s_c\, In = 2,13$$

qui ne se trouve pas d'accord avec celle des autres éléments.

L'hypothèse généralement admise, que l'oxyde d'indium est composé selon la formule $I_n O$ ne paraît donc pas pouvoir être conservée. Si l'on suppose le poids atomique une fois et demie plus grand,

$$In = 56,7,$$

la chaleur atomique devient :

$$s_c\, In = 3,23,$$

c'est-à-dire presque semblable à celle des autres éléments. Le poids atomique 56,7 fait disparaître l'anomalie que présentait l'oxyde d'indium, considéré comme saturant

un atome d'acide, et se rapprochant, par toutes ses propriétés, des oxydes à trois atomes d'acide, qui ne sont pas susceptibles de former des aluns. Il faut donc substituer aux formules de la colonne I du tableau 8, celle de la colonne II.

Tableau 8.

	I.	II.
Oxydule d'indium noir. .	In_2O ?	InO ?
Oxyde d'indium jaune . .	InO	In_2O_3
Oxydule-oxyde d'indium vert	$5\,InO, In_2O$	$2\,InO, In_2O_3$
Oxydule-oxyde d'indium gris	$4\,InO, In_2O$	$3\,InO, 2\,In_2O_3$
Hydrate d'oxyde d'indium.	InO, H_2O	$In_2O_3, 3\,H_2O$
Sulfate d'oxyde d'indium.	$InO, SO^3, 3\,H_2O$	$In_2O_3, 3SO_3, 9H_2O$
Perchlorure d'indium . .	$InCl_2$	In_2Cl_6
Chlorure ammonico-indique	$2\,N_2H_8Cl_2, 3\,InCl_2, 2H_2O$	$2\,N_2H_8Cl_2, In_2Cl_6, 2H_2O$

Le chlorure ammonico-indique, préparé par R.-G. Mayer, et cité dans le tableau, a la même composition que le chlorure ammonico-rhodique qui contient aussi deux atomes d'eau. Je n'ai pas pu encore constater si le poids atomique modifié trouve une confirmation dans l'isomorphie de ces sels, mais j'y reviendrai dans un travail sur le rhodium.

Je n'ai pas pu me rendre compte, en raison de l'hiver très-défavorable à des essais de ce genre, si l'instrument peut aussi servir à déterminer la chaleur latente de fusion. Je me bornerai à mentionner que les expériences décrites dans ce mémoire, permettent de déterminer la chaleur latente de l'eau avec une exactitude qui ne laisse rien à désirer. D'après l'équation (2) une division du calorimètre correspond à

$$\frac{v\, s_e\, s_w}{s_w - s_e} \text{ grammes}$$

de glace fondue. La constante W_w que donne l'équation (8), fournit le nombre de divisions de la graduation qui correspond à une des unités de chaleur dont il est question au commencement de ce travail. Une division de la graduation du calorimètre correspond par conséquent à

$$\frac{1}{W_w}$$

unités de chaleur. Si on représente par l la chaleur latente de l'eau,

$$\frac{1}{W_w}$$

représentera, en grammes, le poids de la quantité de glace qui doit être fondue pour que le mercure se déplace d'une division. On obtient dès lors pour l

$$l = \frac{s_w - s_e}{W_w s_e s_w v}.$$

ou bien d'après l'équation (2) :

$$l = \frac{1}{W_w p}$$

En remplaçant, dans l'équation les lettres, par leurs valeurs trouvées plus haut,

$$p = 0{,}00085257$$
$$W_w = 14{,}660$$
$$W_w = 14{,}654$$

on obtient pour la chaleur latente de fusion de l'eau l,

80,01
80,04
en moyenne.... 80,025

D'après la méthode des mélanges, d'autres expérimentateurs ont obtenu

Regnault... 79,4
Person..... 80,0
Hess....... 80,3

La chaleur de combustion des gaz pourra être déterminée avec une beaucoup plus grande exactitude, au moyen du calorimètre à glace, qu'elle ne l'a été jusqu'ici par les procédés dont on disposait. En appliquant l'équation (4) à la chaleur de combustion de l'hydrogène, on trouve que 10 centimètres cubes de ce gaz à 0° C., et sous la pression 0,76, produisent par leur combustion avec l'oxygène un déplacement de 453 divisions dans l'appareil que nous avons décrit plus haut. Il suffit, par conséquent, de brûler dans le calorimètre des quantités de gaz très-petites, qui, par cela même, peuvent facilement s'obtenir à l'état de pureté, et de noter l'indication de la graduation qui en résulte, pour avoir immédiatement la chaleur de combustion, exprimée en unités de chaleur, sans avoir égard à toutes les corrections usitées qu'on ne pouvait éviter, et qui, la plupart du temps, offraient peu de sécurité.

HENRI-GUSTAVE MAGNUS

SA VIE ET SES TRAVAUX

Suivant la tournure de son esprit et la nature de ses facultés, le savant suit dans ses recherches les méthodes les plus diverses. Tantôt dédaignant les chemins battus il entre de préférence dans des voies entièrement nouvelles et, suivant les caprices de son génie, adresse les questions les plus variées, souvent même les plus bizarres à la nature qui, tout en lui répondant souvent par la négative, lui révèle parfois aussi les faits les plus inattendus et les plus riches en conséquences et en applications de toutes sortes. Tantôt moins amateur de la nouveauté que de la précision, il préfère revenir en arrière et reprendre tel ou tel résultat déjà obtenu par d'autres, mais admis sans contrôle suffisant, afin d'y apporter toute l'exactitude qu'exige la physique moderne; il s'attache à assurer la marche de la science plutôt qu'à la pousser lui-même en avant sur un terrain inexploré et souvent hasardé, et de la sorte il contribue de la manière la plus efficace à ses progrès dans l'avenir. Ces deux méthodes sont également fécondes, et d'ailleurs elles ne peuvent pas se séparer absolument l'une de l'autre. La première, qui est peut-être la plus brillante, exige un esprit hardi, un génie créateur; la seconde, en revanche plus modeste, mais aussi plus sûre, exige une grande érudition, un esprit critique et un grand talent d'expérimentation.

La carrière scientifique que nous allons essayer d'es-

quisser appartient essentiellement à cette dernière tendance. La tâche de Magnus a été moins de créer tout à nouveau, que de reprendre, de corriger, de compléter certains points de science, de transformer parfois même complétement les idées admises avant lui sur tel ou tel ordre de faits, et dans cette mesure-là il s'est montré réellement novateur, grâce à la précision qu'il apportait dans toutes ses recherches et aux aperçus originaux qu'il savait introduire dans des sujets en apparence épuisés. Il faisait peu de cas des conceptions hardies et des théories même les plus ingénieuses lorsqu'elles ne s'appuient pas sur une démonstration rigoureuse. En revanche, les faits les plus minimes en apparence prenaient pour lui de l'importance par le seul fait qu'ils avaient été dûment constatés et irrévocablement acquis à la science. Savant exact et consciencieux, il savait toujours se borner dans ses recherches, n'avançant rien qu'il n'eût d'abord écarté avec le plus grand soin toutes les causes d'incertitude qui pouvaient entacher ses expériences. Homme de saine et loyale critique, il n'aimait point à prendre en défaut tel ou tel de ses collègues en science; lorsqu'il y avait désaccord entre ses résultats et ceux d'un autre expérimentateur, sa première idée était de rechercher l'erreur dans ses propres expériences. Essentiellement modeste, aimant avant tout la science pour la science, méprisant sa propre gloire, il ne craignait pas de s'imposer parfois les recherches les plus ardues, les travaux en apparence les plus ingrats, et de cette façon il a réussi, presque sans s'en douter, à donner à son nom une réputation solide et incontestée.

Henri-Gustave Magnus est né à Berlin le 2 mai 1802. Il appartenait à une des familles les plus honorables de

cette ville. Dès sa plus tendre enfance il manifesta des aptitudes particulières pour les sciences exactes, et préférait l'étude aux distractions habituelles de son âge. Un goût très-prononcé le poussait vers la carrière qu'il a suivie avec tant de succès. Il prit tous ses grades à l'Université de Berlin et fut reçu docteur en 1827. Il avait fait ses premières recherches dans le laboratoire de Mitscherlich ; il alla ensuite poursuivre ses études pratiques auprès de Berzélius à Stockholm, où il passa l'année 1828. Il se rendit de là à Paris où il fréquenta le laboratoire de Gay-Lussac, et où il se prépara aux belles recherches sur les gaz qu'il devait entreprendre quelques années plus tard. De retour dans sa ville natale, il ne tarda pas à prendre dans l'enseignement une place qu'il a toujours occupée depuis lors avec une grande distinction et un zèle sans bornes. Il débuta dans cette carrière en 1831 comme privat docent. Il fut nommé en 1834 professeur extraordinaire, puis en 1845 professeur ordinaire de physique et de technologie à cette Université de Berlin, dont il a été une des gloires les plus pures, et dans laquelle il a plus qu'aucun autre contribué à développer le goût et l'étude de cette branche si importante des connaissances humaines. Ce fut lui qui fonda le cabinet de physique de l'Université, lequel s'est accru à sa mort de la belle collection d'appareils qui étaient sa propriété particulière.

Ses premiers travaux portèrent surtout sur la chimie et la physico-chimie.

Il publia en 1825, dans les *Annales de Poggendorff*, un mémoire fort intéressant sur la propriété que possèdent le fer, le cobalt et le nickel, préparés par la réduction de leurs oxydes dans un courant d'hydrogène, de prendre feu spontanément dans l'air à la tempé-

rature ordinaire. Il ne se borna pas à découvrir le fait et à constater qu'il appartenait uniquement à ces trois métaux, mais il l'expliqua en le rapprochant des expériences de Th. de Saussure sur l'absorption des gaz par le charbon et en montrant que le corps obtenu par ce procédé condense au plus haut degré l'oxygène, par suite de sa porosité, et se combine de la sorte vivement avec lui, de manière à produire l'incandescence.

Il découvrit, en 1828, le composé que l'on a appelé sel vert de Magnus, renfermant les éléments du chlorure de platine et de l'ammoniaque, et qui a été le point de départ de la série des combinaisons de platine et d'ammonium. Dans un travail exécuté en commun avec Ammermüller, il découvrit l'acide périodique. Il trouva également les acides éthioniques et iséthioniques; il donna l'analyse d'un grand nombre de minéraux, reconnut la propriété singulière que possèdent certains silicates cristallisés tels que les grenats, de perdre par la fusion une portion notable de leur pesanteur spécifique.

Mais nous ne nous arrêterons pas à énumérer tous les travaux que Magnus exécuta dans cette branche de la science, nous avons hâte d'arriver à ses nombreuses et belles recherches en physique, car ce sont elles qui constituent ses vrais titres de gloire. Elles se sont surtout étendues dans le domaine de la physique moléculaire et du calorique.

Son premier travail de physique, intitulé « Recherches sur la capillarité, » est plutôt une étude sur la diffusion des gaz et leur passage à travers les tubes de verre fêlés. Il renferme sur ce point des vues nouvelles et montre l'immense différence que l'hydrogène présente sous ce rapport avec les autres gaz.

Il publia plus tard quelques observations intéressantes sur l'évaporation, dans des tubes capillaires, qu'il trouva être plus rapide dans les tubes les plus étroits que dans les autres, et sur l'ébullition des mélanges de liquides. Sur ce dernier point, il montra, comme la théorie l'indique, que cette ébullition s'accomplit à la température à laquelle la somme des tensions des vapeurs mélangées est égale à la pression atmosphérique, par conséquent à une température un peu inférieure au point d'ébullition du liquide le plus volatil. Il observa que cette condition ne se réalise pas absolument lorsque le liquide le plus volatil se trouve placé au-dessous de l'autre ; le mélange, dans ce cas, se surchauffe et entre subitement en ébullition avec une violente explosion.

C'est aussi à cette époque de sa vie, et dans les premières années de sa carrière de professeur, que Magnus fit ses intéressantes recherches sur les gaz contenus dans le sang [1]. Ce travail a été dépassé depuis, mais son auteur conservera toujours l'honneur d'avoir modifié considérablement les idées que l'on se faisait avant lui sur l'une des fonctions les plus importantes de la vie animale. La théorie de la respiration la plus répandue avant lui, était celle de Lavoisier, d'après laquelle la combustion du sang s'accomplit entièrement au moment où il arrive au contact de l'air dans les poumons. Cette théorie était en effet la seule possible tant que l'on n'avait pas constaté la présence dans le sang des gaz émis par l'expiration. Magnus a trouvé dans le sang artériel aussi bien que dans le sang veineux, des quantités notables d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique. La somme de ces

[1] *Poggend. Annalen*, 1837, tome XL, p. 583.

trois gaz a atteint, dans ses expériences, la huitième partie du volume du gaz. Il a trouvé que, dans le sang artériel, l'oxygène était $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ de l'acide carbonique, dans le sang veineux seulement $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$, et il concluait de là, que l'oxygène ne se combine pas immédiatement dans les poumons avec le carbone du sang, mais que, absorbé par le sang artériel, ce gaz est charrié jusque dans les vaisseaux capillaires où il est employé à la combustion des différentes substances abandonnées par l'organisme; il se produit de la sorte de l'acide carbonique qui est également absorbé, transporté par le sang veineux, et expiré une fois arrivé dans les poumons. Cette théorie est maintenant généralement admise.

Les recherches dans lesquelles Magnus a peut-être déployé au plus haut point son talent d'expérimentation, sont celles qu'il entreprit sur le coefficient de dilatation des gaz [1]. L'on avait généralement admis, avec Gay-Lussac, que les gaz possèdent tous le même coefficient de dilatation, et que entre 0 et 100° C., leur volume augmente de 0,375 de leur volume à 0. La loi de Gay-Lussac confirmée par les travaux de Dulong et Petit, avait passé dans le domaine des faits incontestés, lorsque quarante ans après la publication des travaux du savant français, un Suédois, Rudberg, reprit l'étude de cette question, et trouva, comme valeur du coefficient de dilatation de l'air, le chiffre 0,3646. Le doute ne pouvait pas subsister longtemps sur un sujet aussi capital, et sur une mesure qui trouve continuellement son application dans les recherches de physique. Aussi deux des plus habiles expérimentateurs de l'époque s'emparèrent-ils en même temps de cette importante question. Magnus com-

[1] *Poggend. Annalen*, 1842, tome LV.

muniqua les résultats de ses expériences à l'Académie de Berlin, le 25 novembre 1841; et, peu de jours après, le 13 décembre 1841, M. Régnault, donnait à l'Académie des sciences de Paris le résumé de ses recherches sur le même sujet. Ces travaux sont deux chefs-d'œuvres de physique expérimentale, et ils sont devenus classiques. Magnus dit, dans les premières lignes de son Mémoire : « Je me décidai à reprendre l'étude de cette question, tout en sachant bien qu'il n'y a pas beaucoup de gloire à recueillir, dans un semblable travail, quelque long et pénible qu'il soit, puisqu'il s'agit simplement ici de confirmer l'un ou l'autre des chiffres déjà connus. » C'est là la seule erreur que renferme ce Mémoire, et c'est son excessive modestie qui la lui avait dictée. Contrairement à son opinion, ce travail est en effet un de ses plus beaux titres de gloire.

Ayant d'abord répété les expériences de Gay-Lussac, consistant à observer la dilatation à pression constante d'une certaine quantité d'air enfermé dans un ballon de verre, par un petit bouchon de mercure, qui se déplace suivant la dilatation dans le col effilé de ce ballon, Magnus ne tarda pas à reconnaître qu'elles présentaient plusieurs causes d'incertitude. Il trouva néanmoins, comme résultat moyen de ses expériences, le chiffre de 0,369 au lieu de 0,375, ce qui tenait probablement à une meilleure dessication de l'air. Il revint alors à la méthode de Rudberg. Son appareil consistait en un réservoir tubulaire en verre, communiquant avec un appareil manométrique et renfermé dans une triple enveloppe en tôle, dans l'intérieur de laquelle l'on pouvait produire et maintenir constante telle température que l'on voulait. En augmentant la pression, l'on ramenait le volume à 100° à être

égal à ce qu'il était à 0°. Une équation très-simple résultant de la loi de Mariotte permettait de déduire le coefficient de dilatation de la différence de pression observée. La valeur obtenue de la sorte pour le coefficient de dilatation de l'air fut 0,366508, valeur un peu supérieure à celle qu'avait donnée Rudberg. Magnus ne s'était pas contenté de vérifier la loi de Gay-Lussac au point de vue seulement de cette importante donnée numérique; il avait opéré également sur différents gaz, et avait trouvé pour l'hydrogène un coefficient de dilatation moindre que celui de l'air, savoir 0,365659; pour l'acide carbonique et l'acide sulfureux au contraire des coefficients de dilatation plus forts que celui de l'air, 0,369087 pour le premier, et 0,385618 pour le second. La loi de Gay-Lussac n'était donc qu'une approximation, et Magnus avait prouvé que les gaz ne se dilatent point également, comme on l'avait généralement admis jusqu'alors.

M. Régnault avait fait quatre séries d'expériences : les deux premières, dans lesquelles il faisait varier à la fois le volume et la pression, lui donnèrent comme coefficient de dilatation de l'air deux valeurs sensiblement égales, 0,36623 et 0,36633; la troisième et la quatrième donnèrent comme coefficient de dilatation de l'air à volume constant et à pression variable, 0,36679 et 0,36650.

En opérant sur différents gaz, il était arrivé à des résultats identiques, ou à peu près, à ceux de Magnus. Les deux expérimentateurs concluaient donc à remplacer l'ancien coefficient 0,375 par le chiffre 0,366 pour l'air, et établissaient que les différents gaz se dilatent inégalement.

La différence entre les valeurs trouvées par Gay-Lussac d'une part, et par Rudberg, Magnus et M. Re-

gnault d'autre part, tenait avant tout à ce que, dans les anciennes expériences, il était resté, sur la surface intérieure du vase dans lequel on observait la dilatation de l'air, une couche d'humidité, laquelle repassait à l'état gazeux lorsque ce réservoir était amené à la température de 100°, et augmentait d'autant la dilatation. Un effet du même genre pouvait se produire par suite de la condensation du gaz lui-même soumis à l'expérience. Pour s'assurer du fait, Magnus effectua deux mesures du coefficient de dilatation, d'un seul et même gaz, l'acide sulfureux[1], en augmentant énormément dans l'un des cas l'étendue de la surface de verre par rapport au volume du gaz avec lequel il se trouvait en contact. De cette façon, c'est-à-dire en introduisant préalablement un certain nombre de baguettes de verre dans le réservoir qui contenait l'acide sulfureux, il obtint pour son coefficient de dilatation une valeur sensiblement plus grande qu'en opérant par le procédé ordinaire, sans les baguettes, et il arriva du même coup à constater le fait que les gaz se condensent aux basses températures à la surface des corps solides, et à donner la mesure de cette condensation[2].

Après ses recherches sur la dilatation de l'air aux hautes températures, et sur la tension de la vapeur d'eau, pour lesquelles il s'était trouvé encore une fois

[1] L'acide sulfureux avait été choisi pour ces expériences parce qu'à 0° il est très-près de son point d'ébullition et doit, par conséquent, se condenser à cette température en plus fortes proportions que d'autres gaz. Sur un décimètre carré de verre il se condense à zéro, environ 0,8 centimètre cube d'acide sulfureux.

[2] Ce travail avait été exécuté dès 1841, mais Magnus ne le publia que plus tard, en 1853, à l'occasion d'un travail de MM. Jamin et Bertrand sur le même sujet.

en concurrence avec M. Regnault, Magnus quitta un terrain que l'illustre savant français explorait avec des ressources infiniment plus considérables que celles qu'il possédait lui-même. Il reprit néanmoins, à plusieurs reprises, l'étude des gaz et des vapeurs; c'était là un de ses sujets de prédilection. En 1860 et 1861, il publia un travail très-important sur la transmission de la chaleur à travers les gaz, au double point de vue de la conductibilité et du rayonnement. En plaçant un thermomètre dans un vase en verre, chauffé par en haut et rempli successivement avec différents gaz ou vapeurs, il reconnut que ce thermomètre s'échauffe différemment dans les divers gaz, et atteint une température moins élevée dans l'un quelconque d'entre eux que dans le vide. Il conclut de là que les gaz ne transmettent pas, ou du moins très-peu, la chaleur par conductibilité, et absorbent une portion notable de la chaleur rayonnante. Un seul gaz, selon lui, fait exception à cette loi, du moins en ce qui concerne le premier point, c'est l'hydrogène. Le thermomètre s'échauffe plus dans ce gaz que dans le vide, quoique cependant, comme il l'a aussi reconnu, l'hydrogène absorbe la chaleur rayonnante dans les mêmes proportions que l'air, l'azote et l'oxygène; il s'échauffe même d'autant plus que ce gaz est plus dense, d'où il semble réellement résulter que l'hydrogène conduit la chaleur comme les métaux. C'était là une preuve de plus à l'appui de la théorie qui faisait de l'hydrogène un métal, et que les beaux travaux de Graham ont transformée depuis en réalité. Cette conductibilité de l'hydrogène se montre aussi bien lorsqu'on l'enferme dans une substance mauvaise conductrice elle-même, telle que de l'édredon ou du coton, que lorsqu'on ne gêne pas de

cette façon les courants qui peuvent se produire dans son intérieur.

Tous les gaz, en revanche, sans exception, absorbent, comme nous l'avons dit, la chaleur rayonnante, et cela d'autant plus que leur pression est plus élevée[1]. Ceux qui l'absorbent le moins sont l'air, l'azote et l'oxygène, puis, presque sur la même ligne, l'hydrogène. Entre tous, les gaz incolores ce sont l'ammoniac d'abord, le gaz oléfiant ensuite, qui arrêtent le plus les rayons de chaleur. Les différences existant entre les divers gaz, au point de vue de la transmission de la chaleur rayonnante, varient avec la source de chaleur employée. C'est avec une source de chaleur obscure à 100° C. que l'on obtient les différences les plus marquées. Enfin, en ce qui concerne la vapeur d'eau contenue dans l'air, Magnus reconnut qu'elle n'exerce pas d'absorption appréciable tant qu'elle est à l'état de gaz transparent. Nous allons voir que ç'a été là précisément le sujet d'une longue ontroverse entre Magnus et M. Tyndall.

Le savant physicien anglais avait entrepris, de son côté, l'étude de cette importante question, et il donna ses résultats dans un discours à l'Institution royale peu de jours seulement avant que Magnus communiquât les siens à l'Académie de Berlin. Les deux savants étaient d'accord sur tous les points, sauf précisément pour ce qui est de la transmission de la chaleur rayonnante dans l'air humide. Contrairement au fait avancé par Mag-

[1] Les expériences de Magnus sur la diathermanéité des gaz ont été faites avec un appareil consistant essentiellement en un grand réservoir en verre chauffé par en haut, contenant le gaz soumis à l'expérience et la pile thermo-électrique destinée à donner la mesure du rayonnement.

nus, M. Tyndall avait trouvé que la vapeur d'eau contenue dans l'air absorbe la chaleur rayonnante 40, 50 et même 60 fois plus que l'air lui-même, et encore avait-il obtenu ce résultat non point avec de l'air absolument saturé de vapeur, mais simplement avec l'air de son laboratoire ou l'air extérieur. On le voit, le désaccord entre les deux expérimentateurs était aussi complet que possible sur ce point important, et il est demeuré tel, malgré les efforts réitérés qu'ils ont tentés pour découvrir dans leur manière d'opérer la cause de cette divergence. Magnus a cherché à expliquer l'énorme absorption qu'a obtenue M. Tyndall par la condensation de la vapeur d'eau sur les parois intérieures du tube d'expérience, ou sur les plaques de sel gemme qui servaient à fermer les deux extrémités de ce tube. Le savant anglais, de son côté, a répété à plusieurs reprises ses expériences en y apportant tout le soin possible, et a toujours retrouvé le même résultat. La cause d'erreur, de quelque côté qu'elle se trouve, demeure donc encore à découvrir, et l'on peut se faire une idée des difficultés que présente cette question par le fait que deux expérimentateurs aussi consommés ne sont pas parvenus à la résoudre.

Magnus fit encore un certain nombre de travaux fort intéressants sur la chaleur rayonnante : il étudia, en particulier, la variation que subit le pouvoir émissif d'un corps avec le degré de poli de sa surface, et il montra que l'augmentation de ce pouvoir émissif ne provient pas chez un corps dépoli de la plus faible densité de sa couche superficielle, mais de la discontinuité de cette couche. Il reconnut de plus que l'augmentation du pouvoir émissif pour le platine dépoli ne s'étend pas à

toutes les radiations, mais seulement à celles qui sont dans le rouge ou voisines du rouge.

Ce fut lui aussi qui découvrit la propriété que la sylvine, ou chlorure de potassium, possède en commun avec le sel gemme d'être presque absolument diathermane et de transmettre également la chaleur provenant de sources très-diverses. Il était intéressant de constater cette nouvelle analogie entre deux substances qui présentent des propriétés et une composition chimiques parfaitement identiques. En ce qui concerne cette diathermanéité si remarquable du sel gemme, nous allons voir précisément qu'il modifia complétement les idées émises par Melloni, et généralement admises depuis.

Peu de temps avant sa mort, Magnus publia un mémoire sur l'émission, l'absorption et la réflexion de la chaleur par les corps à de basses températures. Il résulte de ce travail, qui a été reproduit en entier dans les *Archives*, que les différents corps émettent, absorbent et réfléchissent aux températures voisines de 100° C. des radiations calorifiques fort différentes, suivant leur nature. De telle sorte que, si notre œil était construit de façon à percevoir les rayons de chaleur obscure, les corps sous l'action seule de ces rayons nous apparaîtraient tous sous les couleurs les plus diverses, comme cela a lieu lorsqu'ils sont soumis aux rayons lumineux. D'après les expériences de Magnus, le sel gemme, en particulier, n'est point athermochroïque, c'est-à-dire diathermane, pour toutes les espèces de chaleur indifféremment; il est, au contraire, monothermique, n'émettant et n'absorbant qu'un nombre très-limité de radiations simples, de même que le sodium incandescent n'émet qu'un petit nombre de radiations jaunes, à l'exclusion de toutes les

autres espèces de lumières. Ce résultat, qui est assurément fort curieux et inattendu, demande à être repris et étendu à un plus grand nombre de corps.

Magnus s'est surtout appliqué, comme nous l'avons dit, à l'étude de la chaleur; cependant il a enrichi encore les autres branches de la science de nombreuses observations, qui toutes, plus ou moins, portent l'empreinte de cet esprit précis et sagace. Nous dirons seulement encore quelques mots sur ses recherches dans le domaine de la thermo-électricité. Reprenant les intéressantes expériences de M. Becquerel, qui tendaient à démontrer que, dans un circuit homogène, chauffé en un de ses points, il y a production d'électricité par le seul fait d'une différence entre les quantités de chaleur propagées de part et d'autre de ce point, Magnus fit voir qu'il ne fallait point attribuer la production d'électricité dans l'expérience du fil noué à l'inégale transmission de la chaleur dans les deux portions de ce fil, mais bien à une altération dans son état moléculaire. Après avoir constaté, comme l'avait déjà fait Matteucci, qu'il n'y a pas production d'électricité au contact de deux masses de mercure à des températures différentes, il montra qu'un changement brusque de diamètre, soit dans une colonne de mercure, soit dans un fil métallique parfaitement homogène, ne donne absolument pas lieu à la naissance d'un courant, mais qu'en revanche l'on obtient toujours un dégagement d'électricité en chauffant le point de contact de deux portions hétérogènes d'un seul et même fil, dont l'une, par exemple, est écrouie et l'autre recuite.

Nous n'en finirions pas si nous voulions donner une idée, même incomplète, des nombreux travaux que Magnus a publié dans les comptes rendus mensuels et dans

les mémoires de l'Académie de Berlin, ainsi que dans les *Annales de Poggendorff*. La plupart de ces travaux ont été reproduit dans les *Archives*, soit sous forme de traduction, soit sous forme d'analyse. Nous nous bornerons à rappeler ici ses recherches sur les mouvements des liquides, sur la déviation des projectiles animés d'un mouvement de rotation, sur la température de la terre à de grandes profondeurs, sur la tension des vapeurs mélangées, sur l'électrolyse, sur l'action de l'ancre des aimants, et sur la diffraction de la lumière dans le vide, pour donner une idée de la diversité des sujets d'études qu'il a abordés, en consacrant à tous le même soin et la même précision.

Encore n'est-ce pas seulement par ses nombreuses et laborieuses recherches que Magnus a fait avancer la science, il l'a aussi dignement et brillamment servie comme professeur et même, on peut le dire, comme chef d'école. Il aimait tout particulièrement la jeunesse, et il a su se faire aimer d'elle en lui inspirant le goût de cette science à laquelle il avait consacré sa vie. On peut dire, sans exagération, qu'il a exercé une grande influence sur les générations scientifiques qui l'ont suivi. Dans le cours de sa longue carrière il reçut mille témoignages de la confiance qu'il savait inspirer à la jeunesse universitaire ; nous citerons entre autres ce fait que, pendant les troubles de 1848, ce fut à lui, l'homme par excellence de l'ordre et du devoir, que les étudiants donnèrent le commandement en chef de la légion universitaire.

Les cours qu'il donna sans discontinuer, pendant près de quarante ans, à l'Université de Berlin, et qu'il poursuivit jusque dans la dernière période de la longue et cruelle maladie à laquelle il a succombé, réunirent toujours un auditoire nombreux et attentif qu'il captivait par

la clarté et l'élégance de la diction, aussi bien que par la solidité de l'enseignement. Un grand nombre de jeunes physiciens se sont formés dans son laboratoire à la physique pratique, et ont appris à son école l'application des saines méthodes scientifiques. Il aimait aussi à les réunir une fois par semaine chez lui, dans un entretien familier, où chacun était appelé à exposer son petit bagage scientifique, et à le soumettre au contrôle de ses collègues. Il les formait ainsi à l'exposition et à la discussion. Plusieurs de ses élèves sont devenus, dès lors, des savants distingués, et tous se souviennent, avec la reconnaissance la plus vive, du bienveillant accueil et de la généreuse hospitalité qu'ils ont rencontrés dans le laboratoire du *Kupfergraben*.

Magnus sut conserver jusqu'à la fin cette activité et ce zèle infatigables pour la science. Il semblait que celle-ci pût attendre encore beaucoup de lui, lorsqu'il ressentit, à la fin de l'été 1869, les premières atteintes du mal qui devait l'emporter quelques mois plus tard. Il supporta avec courage les plus rudes souffrances et continua même à vaquer à son travail et à ses cours. Il n'abandonna son poste que lorsque les forces lui manquèrent absolument, et succomba peu de temps après, le 4 avril 1870. Sa mort excita d'universels regrets, et son nom conservera toujours une place des plus honorables dans la science.

Édouard SARASIN.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

M.-G. Gore. Sur les mouvements moléculaires et sur les changements magnétiques qui ont lieu dans le fer a des températures différentes. (*Philosophical Magazine*, septembre 1870.)

L'auteur a décrit, dans un précédent Mémoire[1], un phénomène singulier qu'il a remarqué pendant le refroidissement d'un fil de fer soumis à un certain degré de tension longitudinale au moyen d'un ressort fixé à l'une de ses extrémités, et chauffé au rouge vif. Il a reconnu que le fil de fer, dès qu'il a commencé à se refroidir, bien qu'encore rouge, a d'abord diminué graduellement de longueur, puis s'est tout à coup allongé par suite d'une diminution de cohésion, pour se contracter ensuite au point de presque reprendre sa longueur primitive pendant tout le reste de la période de refroidissement. Le phénomène correspondant, mais en sens inverse, ne s'est pas produit pendant le réchauffement d'un fil de fer placé dans des conditions analogues. M. Gore, dans un second travail « sur le développement de courants électriques par le magnétisme et par la chaleur[2], » a montré que, lorsqu'on refroidissait un fil de fer chauffé au rouge vif (sous l'influence d'un aimant permanent) et placé dans l'axe d'une hélice en fil de cuivre mince isolé, il se développait aussitôt un courant électrique induit. Il a aussi remarqué que, pendant les premiers instants de refroidissement, et à peu près à la température à laquelle ont eu lieu l'allongement et la diminution de cohésion déjà mentionnés, il se manifestait,

[1] *Proceedings of the Royal Society*, janvier 1869.

[2] *Philosophical Magazine*, juillet 1869.

dans le courant induit, une action irrégulière dépendant probablement du changement moléculaire qui venait d'avoir lieu. Dans un mémoire plus récent, dont nous donnons ici l'extrait, M. Gore a employé une méthode nouvelle pour étudier ces mouvements moléculaires, ainsi que les changements magnétiques qui ont lieu dans le fer et le nickel sous l'influence de la chaleur.

L'auteur prend un barreau parfaitement droit de fer doux, long de 81,3 centimètres sur 9,5 millimètres de diamètre. L'une des extrémités de ce barreau, maintenu horizontal au moyen de deux supports en bois, est introduite dans une hélice creuse de fil de cuivre mince, isolé, communiquant avec un galvanomètre; tandis que l'autre extrémité se trouve placée dans l'intérieur d'une hélice en fil de cuivre beaucoup plus gros, mise en rapport avec une forte pile composée de dix couples de Smee. Le barreau ainsi disposé est chauffé au rouge dans la partie voisine du milieu au moyen de cinq becs de Bunsen, et pour augmenter encore la chaleur, cette portion du barreau est pourvue d'un revêtement en briques réfractaires. Si, avant de chauffer le barreau, on établit la communication entre l'hélice en gros fil de cuivre et la pile, aussitôt une déviation de 14° à 16° se fait remarquer dans les aiguilles du galvanomètre; mais, dès que le milieu du barreau a été chauffé au rouge, cette déviation n'a plus été que de 4°. Dans une seconde expérience, avec un barreau de 61 centimètres de long sur 12,7 millimètres de diamètre, l'auteur a obtenu, à la chaleur rouge, une déviation de 20° à 22°, et lorsque le barreau avait repris sa température ordinaire, une déviation violente et instantanée de 90°. Des résultats analogues, mais moins frappants, ont été obtenus en substituant à la pile et à l'hélice un simple barreau aimanté. L'auteur croit pouvoir conclure de ces premières expériences, « qu'une « température égale à la chaleur rouge appliquée à la por- « tion moyenne d'un barreau en fer forgé, bien qu'elle di- « minue largement la transmission du magnétisme le long

« de ce barreau, ne l'empêche cependant pas complète-
« ment. »

L'auteur fait ensuite remarquer le nombre considérable de mouvements moléculaires, accompagnés de changements magnétiques, qui se manifestent dans un barreau de fer battu chauffé à une température rouge modérée. Pour le démontrer, il entoure d'une hélice de fil de cuivre mince isolé l'une des extrémités d'un barreau de fer long de 81,3 centimètres, sur 9,5 millimètres de diamètre, placé dans une position horizontale et perpendiculairement par rapport au méridien magnétique. L'hélice se trouve en communication avec un galvanomètre placé à une certaine distance. En chauffant graduellement au rouge vif le milieu du barreau, il a remarqué, dès que celui-ci avait atteint le rouge mat, une déviation subite des aiguilles du galvanomètre. Un refroidissement graduel a provoqué une nouvelle déviation subite, mais en sens contraire, au moment où le barreau chauffé au rouge vif était redescendu au rouge mat. Les directions du courant induit ont été conformes, pendant la période de *réchauffement*, à celles qui seraient résultées d'une *diminution* de magnétisme, et pendant la période du *refroidissement*, à celles qui auraient été produites par un *accroissement* de magnétisme. Dans une seconde expérience, l'une des extrémités d'un barreau de fer de 61 centimètres de long sur 12,7 millimètres d'épaisseur a été mis en contact avec le pôle nord d'un barreau aimanté, tandis que son autre extrémité, enveloppée d'une hélice de 12,7 centimètres de long sur 0,25 millimètres de diamètre, renfermant 20 couches ou 2674 tours de fil de cuivre isolé, se trouvait en communication avec un galvanomètre. Le milieu du barreau ayant été chauffé au rouge, comme précédemment, l'on n'a remarqué pendant le réchauffement qu'une faible déviation des aiguilles, et pendant le refroidissement une déviation de 3° en sens inverse. Les directions du courant étaient d'ailleurs les mêmes que dans le cas précédent, montrant que la capacité

magnétique du barreau s'était subitement accrue au commencement de la période de refroidissement, à la température de la chaleur rouge modérée, la même probablement que celle à laquelle il subit la diminution anormale de cohésion accompagnée d'allongement déjà remarquée. L'une des extrémités du même barreau ayant été enveloppée d'une hélice en cuivre mince, on a introduit l'extrémité opposée dans une hélice de gros fil de cuivre de 13,3 centimètres de long sur 1,5 millimètre d'épaisseur, renfermant 8 couches ou 464 tours du n° 16, et mise en communication avec une pile de dix couples de Smee. En chauffant graduellement ce barreau comme précédemment, l'auteur a remarqué, au moment où il a atteint la chaleur rouge mat, une déviation des aiguilles faible et irrégulière de 1 $^1/_2$ degré. Elles sont ensuite revenues à zéro, et y sont restées pendant qu'on a continué à chauffer le barreau jusqu'au rouge vif. Les becs de gaz ayant été alors éteints subitement, en moins de demi-minute les aiguilles ont été déviées lentement de 1° dans la direction opposée, et après un instant d'arrêt, de 8° $^1/_2$, pour revenir, au bout de quelques instants, osciller autour du zéro, point auquel elles sont restées pendant toute la durée du refroidissement. Les directions des courants étaient les mêmes que précédemment.

Dans l'expérience suivante, l'auteur s'est servi d'un barreau de fer de 61 centimètres de long sur 19 millimètres d'épaisseur. L'hélice en gros fil de cuivre, longue de 15,2 centimètres, renfermait 536 tours du n° 17, correspondant à 1,5 millimètre de diamètre. L'hélice en fil de cuivre mince était longue de 15,2 centimètres sur 0,25 millimètre d'épaisseur, et renfermait 1960 tours du n° 27. On a procédé d'ailleurs comme dans l'expérience précédente. Dès que le barreau avait atteint la chaleur rouge mat, plusieurs changements moléculaires de peu d'importance, avec accompagnement de magnétisme, indiqués par de faibles déviations des aiguilles, se sont succédé à mesure qu'on a continué à le chauf-

fer. Le barreau employé dans cette expérience étant plus gros que les précédents, n'a pu atteindre la même température que ceux-ci. C'est pourquoi, dès qu'on a éteint les becs de gaz, les aiguilles ont été déviées à l'instant même de 25° dans la direction opposée. Cependant le courant qui a produit cette déviation s'est affaibli dans l'espace de quelques secondes, et a cessé complétement au bout d'une minute. Il a été suivi d'un autre courant faible et de courte durée dans la même direction. En plongeant le milieu du barreau déjà froid dans un mélange frigorifique à —32°, sur une longueur de 15 centimètres, on a remarqué une déviation irrégulière, indiquant de nouveau une légère modification moléculaire avec accroissement de magnétisme. Cependant le résultat général obtenu par ce refroidissement artificiel, a indiqué un décroissement de magnétisme, résultat contraire à celui qui a été obtenu par un refroidissement graduel d'un barreau chauffé au rouge. Avec un plus gros barreau de 91 centim. de longueur sur 25,4 millimètres de diamètre, les résultats électriques obtenus ont été nuls, sans doute parce que le foyer de chaleur employé n'était pas assez puissant.

Les résultats qui précèdent tendent à montrer que, lorsqu'on chauffe graduellement un barreau de fer forgé jusqu'au rouge vif, dès que le métal a atteint la température rouge modérée, une succession de mouvements faibles mais distincts, et tous semblables les uns aux autres, ont lieu parmi ses molécules. Si ensuite on le laisse refroidir lentement, on remarque, dès que sa température est redescendue au rouge modéré, trois mouvements moléculaires successifs accompagnés de diminution de magnétisme ; le premier, peu caractérisé, le second plus accentué, et le troisième peu sensible, à peu près comme le premier. Ces mouvements présentent tous un caractère opposé à ceux qui ont lieu pendant le réchauffement du barreau. Le fait qu'il n'y a eu dans ce dernier cas aucune diminution *notable* de magnétisme, correspondant à l'augmentation considérable de magnétisme qui a

été constatée pendant le refroidissement, est d'accord avec le phénomène de changement de cohésion moléculaire dont il est question plus haut. L'auteur est même disposé à attribuer l'allongement subit et momentané, accompagné de diminution de cohésion, qu'il a remarquée dans un fil de fer chauffé au rouge, à l'accroissement subit de magnétisme qu'il acquiert dans ce moment; hypothèse qui serait d'accord avec le fait constaté par M. Joule, que « lorsqu'on aimante une tige de fer doux à la température de 15°, elle « augmente subitement de longueur tandis que son diamètre diminue. »

Les résultats suivants ont été obtenus en substituant au barreau de fer doux un barreau d'acier fondu de 68,6 centimètres de long sur 22,2 millimètres de diamètre, et dont l'hélice en fil de cuivre mince (de 0,7 millimètre d'épaisseur) renfermait 2850 tours du n° 25. Pendant le rechauffement de ce barreau un changement moléculaire brusque, bien que peu sensible, est survenu un peu au-dessous de la chaleur rouge. A la température de la chaleur rouge modérée, il s'est produit tout à coup un nouveau mouvement moléculaire, mais cette fois plus marqué. En continuant le rechauffement jusqu'au rouge vif, aucun changement n'a été constaté. On a alors éteint les becs de gaz, et après un intervalle de 30 secondes, il est survenu de nouveau un changement moléculaire peu marqué avec accroissement de magnétisme, et 15 secondes plus tard, un changement brusque et plus accentué indiqué par une déviation de 6° des aiguilles du galvanomètre, après quoi elles sont revenues à leur direction normale. Le barreau, qui n'était déjà plus rouge, ayant été arrosé avec de l'eau froide, il s'est produit une nouvelle déviation de $1°\,^3/_4$, due probablement, au moins en partie, à la rapidité du refroidissement. Avec un barreau de fonte de 76,2 centimètres de long et 19 millimètres de diamètre, on a remarqué des effets analogues, mais beaucoup moins accentués que dans le cas du barreau d'acier.

L'auteur a répété la même expérience sur un barreau de nickel fondu, long de 45,7 centimètres sur 12,7 millimètres de diamètre, avec les résultats suivants. Pendant le réchauffement de ce barreau, on a remarqué une déviation graduelle de $1^{\circ}1/_{4}$ à une température fort au-dessous de la chaleur rouge, et pendant le refroidissement, une déviation de $1^{\circ}1/_{2}$ dans le sens opposé, à la même température ou à peu près. Avec un autre barreau du même métal de 61 centimètres de long sur 19 millimètres d'épaisseur, dont l'une des extrémités se trouvait placée dans une hélice de gros fil de cuivre de 15,2 centimètres de long sur 5,7 centimètres de diamètre, renfermant 8 couches, soit 536 tours du n° 17, et dont l'autre extrémité était enveloppée d'une hélice en fil de cuivre mince contenant 14 couches, soit 1960 tours du n° 27, on a remarqué, 4 minutes après avoir allumé les becs de Bunsen, une déviation des aiguilles assez subite mais irrégulière, à une température fort inférieure à la chaleur rouge visible à l'obscurité. En continuant à chauffer, on a constaté, à une température passablement plus élevée, mais encore au-dessous du rouge, des signes peu caractérisés d'une nouvelle perturbation moléculaire dans la même direction. Pendant le refroidissement graduel qui a suivi, les mêmes phénomènes se sont reproduits, avec le même degré d'intensité, mais dans l'ordre inverse. En refroidissant subitement le barreau par l'application continue d'eau froide, on a remarqué une déviation subite de 8° au moment où il a atteint la température de l'air extérieur. Toutes les déviations produites dans cette expérience, comme, au reste, dans presque tous les cas précédents, étaient conformes pendant le réchauffement, à celles qui seraient résultées d'une diminution de magnétisme, et pendant le refroidissement, à celles qu'aurait produites un accroissement de magnétisme.

En substituant aux précédents un barreau en zinc long de 91 centimètres sur 25,4 millimètres de diamètre, ou un barreau d'antimoine de même diamètre, mais de 76,2 centim.

de longueur, dont on chauffait le milieu jusqu'à une température très-voisine de la fusion, l'auteur n'a remarqué aucune déviation sensible dans les aiguilles du galvanomètre. Il en a été de même pour le bismuth. En répétant l'expérience sur un barreau d'antimoine du commerce renfermant une petite quantité de fer, on a remarqué pendant le réchauffement du barreau des changements moléculaires successifs à des intervalles peu réguliers, correspondant à des décroissements de magnétisme. Ces changements se sont renouvelés pendant le refroidissement, mais en sens inverse.

M. Gore termine en faisant remarquer que tous ces phénomènes semblent pouvoir se rapporter à une propriété générale de la matière, à peine encore reconnue comme telle. Toute substance, dit-il, jusqu'aux corps élémentaires, même ceux à l'état gazeux, lorsqu'ils se trouvent soumis à l'action d'un seule force extérieure, paraissent doués de la propriété de diviser l'action de cette force, de telle sorte, qu'au lieu de produire une seule force ou un seul effet, ils en produisent plusieurs. En d'autres termes, continue l'auteur, la matière possède la propriété générale de diviser et de multiplier les forces et les effets. C'est ainsi que, lorsqu'on chauffe un barreau de fer au rouge, il se produit, outre des modifications dans sa chaleur spécifique, sa capacité thermo-électrique et sa conductibilité électrique, une série de changements dans sa structure moléculaire, son magnétisme, ses dimensions et dans la cohésion de ses particules.

C. Tomlinson. De l'action de basses températures sur des solutions salines sursaturées. (*Philosophical Magazine*, octobre 1870.)

L'auteur cherche à montrer que, dans l'absence d'un *nucléus* ou noyau, des solutions fortement sursaturées, réduites à la température de —18° à —24° cent., se solidifient en hydrates instables plutôt que de cristalliser ; et que si on

expose ces solutions ainsi solidifiées à la température de zéro, elles se liquéfient rapidement en solutions parfaitement transparentes, sans aucune séparation de sel. Ce phénomène peut être répété un nombre de fois indéfini, pourvu que la solution soit tenue à l'abri de noyaux ou de fluides capables de les transporter, tel que l'air atmosphérique. Il ne s'agit pour cela que de renfermer les solutions filtrées dans des tubes parfaitement propres, et fermés par un tampon en coton. Parmi un grand nombre d'expériences citées par l'auteur, nous choisirons les suivantes :

1° On chauffe jusqu'à ébullition, dans une petite quantité d'eau, les sulfates de zinc et de magnésie en proportions atomiques. Après avoir filtré ces solutions dans des éprouvettes, on les fait bouillir de nouveau, puis on bouche les éprouvettes avec des tampons en coton. Lorsque les liquides ont atteint la température de l'air ambiant, on place l'une des éprouvettes dans un mélange frigorifique à —24°. Après dix minutes environ, de grands cristaux tétraèdres commencent à naître, pour ainsi dire, sur les parois du tube, et continuent à croître, jusqu'à ce que la solution entière se trouve transformée en une masse solide. Si alors on transporte l'éprouvette dans de la glace fondante à zéro, aussitôt le solide se dissout rapidement, et la solution redevient parfaitement transparente. Pour peu cependant qu'on enlève le tampon en coton, même pour un instant, pendant que la solution est à l'état solide ou liquide, aussitôt elle se cristallise, dans le premier cas pendant la liquéfaction, et dans le second à l'instant même.

La solidification de la solution ne peut pas être assimilée à une congélation, puisqu'il n'y a pas de glace formée. Elle doit plutôt être envisagée comme un cas de cristallisation anormale des molécules du sel combinées avec celles de l'eau, qui ne peut se réaliser qu'à une température très-basse, et sous de certaines conditions. L'auteur se sert du terme « cristallisation anormale, » parce que la plupart des solu-

tions soumises à l'expérience, se sont comportées de la même manière, c'est-à-dire, se sont formées en cristaux tétraèdres à —18° environ, pour se redissoudre rapidement à la température de zéro.

2° Une solution sursaturée du sulfate double de cuivre et de magnésie a été refroidie à —20°, température à laquelle les cristaux tétraèdres se sont formés à la surface du liquide, les angles solides se développant graduellement de haut en bas, jusqu'à ce que la solution entière fût devenue solide. La couleur bleue foncée avait disparu, et avait été remplacée par un bleu très-pâle de nuances différentes. L'éprouvette ayant été placée dans de la glace fondante, peu à peu le solide à paru s'éloigner des parois du tube, tandis que la solution, devenue transparente, présentait l'apparence d'un bleu intense par contraste avec la nuance comparativement blanche du solide.

3° Des solutions de sulfate de zinc et d'alun potassique, en proportions atomiques, ont abandonné des cristaux tétraèdres à la température de —15,5. Après avoir laissé cristalliser le triple sel dans un vase ouvert, on en a pris 200 grains, lesquels, bouillis avec un peu plus d'une demi-once d'eau, ont fourni une solution transparente. Cette solution, après avoir été filtrée dans une éprouvette parfaitement propre, et fermée par un tampon en coton, a été laissée en repos pendant six jours. Au bout de ce temps, l'éprouvette ayant été placée dans un mélange frigorifique à —18°, bientôt on a vu se précipiter une poudre blanche, composée probablement de sulfate d'alumine basique et de sulfate de zinc anhydre, et sur cette poudre se développer une ramification blanchâtre, rappelant, par sa forme, la feuille de lierre, d'un brillant remarquable. L'auteur attribue cette apparence à une modification dans la forme des cristaux tétraèdres; le même phénomène s'est présenté dans le cas d'une solution sursaturée du sulfate double de cuivre et de nickel, qui, à la température de —18°, a laissé précipiter de beaux cristaux ayant l'aspect

de plumes. Une solution sursaturée de sulfate de fer a fourni des cristaux tétraèdres, tandis qu'avec la solution de sulfate de zinc e d'ammoniaque, il s'est formé, à la température de —16°, de magnifiques cristaux en forme de plumes. Suivant M. Tomlinson, on ne peut guère se refuser d'admettre que tous ces cristaux tétraèdres sont des composés hydratés des solutions salines, et lorsque ces sels forment des solutions sursaturées, ils existent très-probablement sous la forme anhydre. Lorsque de pareilles solutions sont soumises à un fort refroidissement, l'eau ne peut se cristalliser en glace proprement dite, parce que les molécules salines sont trop nombreuses pour pouvoir être séparées des molécules aqueuses; mais ces mêmes molécules salines se trouvant amenées, par suite de la basse température, dans la sphère de leur attraction mutuelle, se réunissent en masses cristallines renfermant l'eau qui les entoure, et dans laquelle elles sont suspendues.

4° Lorsqu'on soumet à un froid artificiel une solution sursaturée de sulfate de soude, il se précipite des cristaux octaèdres du sel anhydre; ces cristaux s'emparent de l'eau et forment le sel anormal à sept atomes. Ce sel ne peut être exposé à l'air sans se réchauffer, en fixant trois nouveaux équivalents d'eau. Des solutions fortement sursaturées commencent ordinairement à précipiter le sel anhydre à diverses températures au-dessous de 15° à 16°; mais l'auteur s'est assuré qu'il leur arrive quelquefois, lorsqu'on a soin de les laisser parfaitement immobiles, de supporter une température de —7° à —8° sans changement apparent. Il suffit alors d'imprimer à la solution la plus légère secousse pour la voir aussitôt perdre sa transparence avec formation subite d'une multitude de petits cristaux octaèdres.

On peut se demander dans quel état se trouve la solution ci-dessus réduite de 16° à 17° au-dessous de la température à laquelle elle dépose habituellement des cristaux anhydres. Ces cristaux sont-ils nés subitement ou existaient-ils déjà dans la solution dans un état moléculaire tel, qu'en leur

supposant le même indice de réfraction que celle-ci, ils ont dû nécessairement rester invisibles jusqu'à ce que, par suite de la secousse imprimée, l'eau qui entoure immédiatement les molécules salines, s'est trouvée rejetée de côté, et que les cristaux ont pu alors devenir visibles en acquérant une existence indépendante et un pouvoir réfringent qui leur est propre. De même on peut se demander si de l'eau à l'état liquide, refroidie de plusieurs degrés au-dessous du point de congélation, n'est autre qu'une solution sursaturée de glace, si à cette température la glace existe réellement, mais reste invisible par la raison qui vient d'être donnée. On peut objecter, il est vrai, qu'un sel, s'il était présent même à l'état invisible, se précipiterait toujours par suite de son poids. Mais outre que la viscosité du liquide peut mettre obstacle à cette précipitation, n'est-il pas permis d'imaginer un état d'adhésion entre les molécules d'un liquide moindre que ce qui est requis pour une dissolution, mais supérieure à celle qui est nécessaire à l'existence indépendante d'un cristal. Dans ces conditions un solide, bien que plus pesant qu'un liquide, pourrait y rester suspendu, et ne devenir visible que lorsque l'adhésion serait affaiblie par suite de quelque perturbation mécanique qui, en donnant au solide une existence indépendante, en amènerait nécessairement la précipitation. Quoi qu'il en soit de cette hypothèse peut-être un peu hasardée, et malgré quelques variations dans les résultats obtenus provenant soit du degré de saturation du liquide, soit de la durée de son exposition à une température exceptionnellement froide, l'auteur pense être fondé à conclure de ses expériences, « que des solutions fortement sursaturées, « principalement, mais pas uniquement de sels doubles. « soumises à une basse température, et mises à l'abri de « l'action de noyaux, fournissent des composés de différents « degrés d'hydratation, composés qui ne peuvent exister qu'à « ces températures, et lorsqu'ils se trouvent renfermés dans « des vases chimiquement propres. »

G. Luvini, professeur à l'Académie militaire de Turin. Expériences et observations sur l'adhésion entre solides et liquides. (*Compte rendu de l'Académie des sciences de Turin* du 19 juin, et *Philosophical Magazine*, septembre 1870.)

L'auteur commence par rappeler l'expérience de M. Plateau, dans laquelle une aiguille aimantée, de forme rhomboïdale, déviée de 90° de sa position d'équilibre, et abandonnée ensuite à elle-même, revient à sa direction normale avec une vitesse dépendant de sa longueur, de l'intensité magnétique de la terre et de l'aiguille, et de la résistance passive que peut rencontrer celle-ci pendant son mouvement de retour. Après avoir mesuré très-exactement le temps employé par l'aiguille pour traverser les premiers 85 degrés à l'air libre, M. Plateau place la surface inférieure de cette aiguille en contact avec un liquide, et détermine de nouveau le temps employé à parcourir les 85°. Il répète ensuite l'expérience en submergeant l'aiguille en entier dans le liquide. Au premier abord, on serait disposé à croire que, lorsque la surface seulement de l'aiguille se trouve en contact avec le liquide, la résistance qu'elle éprouve pour revenir à sa position d'équilibre doit être moindre que lorsqu'elle est plongée en totalité. Il n'en est cependant pas ainsi, du moins avec un grand nombre de liquides. Avec l'eau, en particulier, M. Plateau a consaté que c'est le contraire qui a lieu; c'est-à-dire, que l'aiguille revient plus lentement lorsqu'elle se trouve placée sur la surface de l'eau que lorsqu'elle plonge en entier dans ce liquide. Il en est de même de la glycérine,.des solutions de carbonate de soude, de nitrate de potasse, de chlorure de calcium et d'albumine. L'inverse a lieu avec l'alcool, la térébenthine, l'huile d'olive, l'éther et le bisulfure de carbone; c'est-à-dire que, dans ces cas, l'aiguille, suspendue sur la surface du liquide, se meut plus rapidement que lorsqu'elle est complétement submergée.

M. Luvini a repris les expériences de M. Plateau, en vue d'abord de déterminer jusqu'à quel point les résultats obtenus par ce savant sur l'adhésion des solides pour les liquides ont pu être influencés par la présence d'impuretés, le plus souvent presque inappréciables, mais, dans tous les cas, très-difficiles à éviter, soit dans le liquide même, soit dans le vase qui le renferme. Il a bientôt reconnu que la classe de phénomènes découverts par M. Plateau, ne pouvait être convenablement approfondie sans un examen préalable de la manière dont se comportent des solides de nature et de forme variées, mis en mouvement sur la surface d'un liquide, ou submergés dans ce même liquide. Dans les recherches qu'il a entreprises à ce sujet, M. Luvini a eu l'idée de substituer à la force magnétique dont se servait M. Plateau, la force de torsion obtenue au moyen de la balance de Coulomb. Dans ce but, il attache au fil de métal de cette balance, le solide destiné à être mis en contact avec un liquide quelconque renfermé dans un vase placé dans l'intérieur de l'instrument. Le fil porte à son extrémité un index horizontal, se mouvant dans un arc de cercle gradué fixé à la partie inférieure de la cage. Au moyen d'un arrangement très-simple, une vis, fixée à la partie supérieure de l'instrument et portant une petite tige, permet de suspendre à volonté le mouvement de l'index, ou de le laisser libre dans sa marche.

Le solide ayant été disposé horizontalement dans la position voulue par rapport au liquide, le fil de métal est équilibré de manière à ce que l'index se trouve placé vis-à-vis de la petite tige destinée à l'arrêter. On y parvient facilement en tournant le cercle mobile qui se trouve au sommet de la balance. Alors l'index s'arrête, et le fil se trouve tordu d'un certain nombre de degrés, soit à droite, soit à gauche. On enlève ensuite la petite tige d'arrêt ; aussitôt l'index se met en mouvement, mais au premier moment, d'une façon peu régulière, ainsi que cela avait lieu dans le cas de l'aiguille de Plateau. L'observateur attend que l'index soit arrivé à 5° de

sa position d'équilibre; alors partant d'un point connu, il compte le nombre de degrés qu'il parcourt dans un nombre donné de secondes. On a soumis ainsi successivement à l'expérience, un grand nombre d'aiguilles et de disques de forme et de dimension différentes, en laiton, cuivre, fer, acier, verre, bois, etc. Les disques étaient tantôt de forme rhomboïdale, tantôt rectangulaires, tantôt circulaires, ou en segments de cercle, quelquefois percés d'ouvertures de forme circulaire, ou en forme de secteur, s'étendant jusqu'à la circonférence, mais laissant une limite annulaire.

Les premiers essais de M. Luvini ont eu lieu sur l'eau, tantôt parfaitement pure, et tantôt renfermant en solution des substances connues. Dès qu'il a pu s'assurer de la concordance de ses résultats, il a fait une série de 185 expériences, dont la plupart renfermaient 8 observations. Les conséquences auxquelles il est arrivé peuvent être classées dans l'ordre suivant :

1° La résistance de la surface du liquide au mouvement des disques disposés horizontalement ne varie pas avec le degré de leur immersion. Cette résistance est la même, soit que la surface du disque touche à peine celle du liquide, soit que cette surface se trouve submergée en partie ou même en entier. Il en est de même lorsque le disque est enfoncé au-dessous de la surface du liquide, ou lorsque celui-ci se trouve soulevé par l'effet de la capillarité autour du disque, comme aussi lorsque le disque, enlevé subitement à la suite d'une immersion, reste en contact avec la couche liquide qu'il soulève avec lui.

2° La résistance des liquides au mouvement des solides placés soit à leur surface, soit au-dessous de cette surface, croît avec la durée de l'exposition de ces liquides à l'air, et avec le contact plus ou moins prolongé du liquide avec les solides. Cet accroissement dans la résistance des liquides avec le temps, ne peut provenir, suivant M. Luvini, que d'une altération plus ou moins rapide de ceux-ci, altération

qui serait due, soit à l'action adhésive de l'air, soit à un dépôt de poussière impalpable. Il est, en effet, si difficile de conserver un liquide à l'état de parfaite pureté, qu'il suffit souvent d'en toucher la surface avec le doigt pour lui enlever sa faculté d'adhésion pour d'autres liquides. L'action de la poussière atmosphérique devient ainsi facile à comprendre.

L'accroissement dans la résistance des liquides, suivant la durée de leur contact avec les corps solides, s'explique facilement par la considération qu'un contact prolongé permet à une plus grande masse de liquide d'adhérer au solide. Une adhésion de même nature peut avoir lieu entre solides, et mieux encore entre solides et liquides. Qu'on plonge momentanément dans de l'eau une plaque de laiton parfaitement propre, elle en ressortira sèche ou à peu près. Si au lieu de la retirer immédiatement, on la laisse plongée pendant quelques heures, on remarquera, en la ressortant de l'eau, que les parties mouillées occupent un espace d'autant plus grand que l'immersion a été plus prolongée. Ce fait est surtout remarquable lorsqu'on plonge des disques de verre ou d'acier dans du mercure. Le mercure, après avoir été lavé, séché et filtré, paraît parfaitement propre, mais, dès qu'on en a versé quelques gouttes sur une plaque de verre ou d'acier, il fait la queue. Cependant, les plaques en question, soit qu'elles se trouvent posées sur la surface du mercure, soit qu'elles soient entièrement submergées, ne se sont pas moins laissé entraîner par la torsion du fil de la balance de Coulomb; seulement, au bout de quelques minutes la résistance est devenue telle, qu'elles n'ont pu se mouvoir que sous la torsion d'un fil plus fort. On a trouvé, en les examinant de près, que les points attaqués par le mercure devenaient d'autant plus nombreux et plus étendus que le contact était plus prolongé.

3° La résistance d'un même liquide varie avec la nature du solide soumis à l'expérience. L'auteur fait remarquer à ce

propos que, si à la place d'une aiguille d'acier, M. Plateau s'était servi d'une aiguille de verre ou de toute autre substance, les résultats auxquels il est arrivé n'auraient plus été les mêmes. A l'appui de cette assertion, il cite l'expérience suivante : Une plaque de fer étamé, ayant été mise en contact avec une surface aqueuse, celle-ci a été assez rapidement modifiée par suite de l'oxydation du fer et d'autres influences difficiles à expliquer. Cependant, cette plaque de fer étamé, de même qu'une plaque semblable en laiton ont éprouvé une égale résistance sur la surface de l'eau ainsi modifiée, tandis qu'au-dessous de cette surface, la résistance qu'a rencontrée cette plaque de laiton était notablement moindre que celle éprouvée par la plaque de fer étamé.

4° La résistance qu'offre la surface des liquides au mouvement des corps solides peut être distinguée en résistance *linéaire* et résistance *superficielle*, tandis qu'au-dessous de la surface elle ne peut être que superficielle. Cette distinction n'est pas sans importance. La résistance qu'éprouve le corps lorsque sa surface est en contact avec un liquide, diffère de la résistance qu'il rencontre à la ligne de séparation entre la surface du liquide et la surface supérieure du solide. C'est cette dernière que l'auteur désigne sous le nom de résistance linéaire, tandis qu'il qualifie la première de résistance superficielle. Il ne peut évidemment y avoir de résistance linéaire lorsque le solide est entièrement submergé, tandis que la résistance superficielle, dans le cas de plaques minces submergées en entier, est sensiblement double de celle qui a lieu à la surface.

Les complications et irrégularités apparentes dans les résultats obtenus, en soumettant à l'expérience des solides de forme et de contour différents, disparaissent lorsqu'on tient compte de la distinction dont nous venons de parler. En immergeant des plaques d'une même substance dans le même liquide, l'auteur a remarqué, dans quelques cas, une résistance moindre au-dessous de la surface, circonstance due évidem-

ment à la forme du solide. Cette remarque, au reste, avait déjà été faite par M. Plateau, dans le cas de l'aiguille plongée dans de l'eau et dans différentes solutions salines. Dans d'autres cas, au contraire, la résistance s'est trouvée moindre à la surface du liquide qu'au-dessous de cette surface, contrairement aux résultats obtenus par le savant belge.

J.-J. MÜLLER. UEBER ELASTISCHE, etc. SUR LES MOUVEMENTS VIBRATOIRES. (*Berichte der k. Sächs. Gesellschaft d. Wiss.*, 1870; *Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 305.)

M. Weber avait déjà remarqué que, pour chaque corps vibratoire, la hauteur du son rendu varie avec l'amplitude du mouvement oscillatoire. M. Régnault a confirmé ce fait dans ses belles recherches sur la propagation du son, et il a trouvé que la vitesse de transmission d'un son augmente avec son intensité. L'auteur s'est occupé de la même question, et décrit dans la Note dont nous rendons compte ici, une expérience ingénieuse, mettant en évidence ce point intéressant de l'étude des mouvements vibratoires. Sa méthode est une extension de celle qu'avait indiquée M. Kundt pour la mesure de la vitesse du son dans différents corps. On introduit une certaine quantité de lycopode dans un cylindre de verre et le répartit suivant une ligne droite qu'on amène à être un peu au-dessus de la génératrice inférieure de ce cylindre. Cela étant, lorsqu'on fait vibrer le tube de verre, l'on voit se former à la partie inférieure seulement de la bande de lycopode des stries régulières identiques aux figures de Kundt. En retournant un peu le tube de manière à amener la bande de lycopode de l'autre côté de la génératrice inférieure et faisant vibrer de nouveau, l'on pourra obtenir une seconde figure acoustique sans rien déranger à la première; la comparaison de ces deux figures donnera la variation que la longueur d'onde à subie entre les deux expériences, multipliée par le nombre de longueurs d'onde renfermées dans le tube. M.

Müller a reconnu de la sorte qu'une augmentation dans l'intensité du mouvement oscillatoire produit une diminution de la longueur d'onde, partant une élévation du son rendu, et une augmentation de la vitesse de propagation. E. S.

LOMMEL. DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS LES MARTEAUX D'EAU. (*Pogg. Ann.*, tome CXLI, p. 460.)

On sait que pour faire passer la décharge électrique dans un tube de Geissler, il n'est pas nécessaire de relier les électrodes de ce tube avec la bobine d'induction, mais qu'il suffit d'enrouler les fils qui viennent de cette bobine autour des extrémités du tube, ou de les mettre en contact avec des armures de papier d'étain disposées aux deux bouts de ce tube et sans contact avec les électrodes. L'étincelle se produit alors par influence, et on se souvient que M. Geissler a construit sur ce principe des tubes électriques qui deviennent lumineux par le simple frottement [1]. On peut, de la sorte, faire jaillir l'étincelle dans un thermomètre, et en soudant à l'extrémité fermée de ce thermomètre un tube ou une ampoule qui l'enveloppe et qu'on puisse remplir d'un liquide quelconque, on a l'appareil le plus simple pour l'essai des liquides au point de vue de la fluorescence.

L'auteur a cherché à faire passer de cette façon, la décharge électrique à travers un marteau d'eau, muni d'armatures en papier d'étain à ses deux extrémités. L'expérience n'a pas réussi avec la bobine d'induction, par le fait que l'électricité qu'elle fournit ne possède pas une tension suffisante ; elle a été très-brillante en revanche avec l'emploi de la machine de Holtz.

Lorsqu'on écartait les électrodes de la machine, de manière à obtenir une faible décharge continue, l'on voyait se produire, dans la partie vide du marteau placé horizontalement, une

[1] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXIV, p. 181.

belle lueur blafarde semblable à celle des éclairs de seconde classe, et, lorsqu'on écartait davantage les électrodes, il se produisait par intervalles dans ce tube de magnifiques étincelles sous forme de traits de feu. Le marteau d'eau jouait ici le rôle de bouteille de Leyde. Lorsque le liquide qu'il renfermait était de l'eau distillée, le jet lumineux était d'un beau rouge de pourpre, et son spectre, étudié avec un simple prisme qui, dans ce cas, et à cause de l'étroitesse du jet, vaut mieux qu'un spectroscope complet avec une fente, se trouvait composé des lignes brillantes de l'hydrogène et de la ligne du sodium. Après le passage prolongé de la décharge, on constatait la production d'un gaz dans son intérieur, par le fait qu'il ne donnait plus un coup sec ; de plus, l'eau qu'il renfermait était devenue alcaline par l'absorption de la soude provenant du verre.

Les marteaux qui contenaient un mélange d'alcool et d'eau, ou de l'alcool absolu, donnèrent une étincelle vert claire, dont le spectre consistait en une raie verte très-brillantes, deux raies vert-jaune, et bleue, moins brillantes, enfin deux raies rouges, et une raie violette faible. Ce spectre présentait une grande analogie avec la portion verte de la flamme d'un bec de Bunsen, ce qui indiquerait que le passage de l'étincelle dans le marteau a décomposé l'alcool et formé de l'hydrogène carboné. Ici encore, on pouvait constater la production d'un gaz par la nature du choc. Le liquide du marteau donnait, dans ce cas, après un passage prolongé de la décharge, une réaction acide. L'auteur établit un rapprochement entre le spectre fourni par le marteau à alcool et le spectre à lignes brillantes des éclairs de première classe, tel que l'a décrit M. Kundt[1]. Il y aurait peut-être lieu aussi de comparer les différents spectres obtenus avec des marteaux au spectre de l'Aurore boréale. E. S.

[1] *Archives*, 1868, tome XXXIII, p. 348.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1870.

Le 1, 2 et 3, forte bise.

3, neige dans la soirée et le lendemain matin, hauteur 23mm.

8, neige pendant presque tout le jour, hauteur 100mm.

10, brouillard une partie de la journée.

12, 13, brouillard tout le jour.

14, la neige a disparu de la plaine et du sommet du petit Salève.

15, brouillard pendant quelques heures.

25, 26, neige; la hauteur de la neige tombée pendant ces deux jours est de 157mm; il est encore tombé de la neige le 27, le 30 et le 31, en petite quantité, respectivement 3mm, 25mm et 4mm.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	730,39	Le 2 à 6 h. matin	727,39
5 à 10 h. matin	730,85	4 à 6 h. matin	720,54
10 à 10 h. matin	726,20	8 à midi 1/4 h.	712,65
18 à 10 h. soir	733,59	12 à 4 h. après m.	721,35
24 à 8 h. matin	719,29	22 à 6 h. matin	712,53
28 à 10 h. matin	717,27	25 à 6 h. soir	707,70
31 à 10 h. matin	727,53	29 à 6 h. matin	714,64

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	728,66	+ 1,55	— 0,39	—2,71	— 2,8	+ 2,2	3,58	—1,00	816	— 38	750	870	...	...	NNE. 3	0,57	7,0	— 1,2	158
2	728,56	+ 1,41	— 3,22	—5,41	— 4,7	— 1,6	2,57	—1,98	720	—134	580	820	...	...	N. 3	0,14	5,4	— 2,7	157
3	727,65	+ 0,47	— 3,75	—5,81	— 4,5	— 1,4	2,54	—1,98	749	—106	590	960	0,6	3	NNE. 2	0,69	6,7	— 1,3	149
4	723,80	— 3,42	— 3,80	—5,74	— 6,8	— 1,4	3,10	—1,39	914	+ 59	830	940	0,7	4	NNE. 1	0,83	—	—	150
5	730,19	+ 2,94	— 6,70	—8,52	— 8,1	— 5,1	2,41	—2,05	888	+ 33	850	940	...	...	NE. 1	1,00	6,2	— 1,5	148
6	723,45	— 3,84	— 6,23	—7,93	— 7,8	— 4,2	2,71	—1,72	955	+ 99	870	1000	...	...	variable	1,00	5,6	— 2,0	145
7	715,79	—11,54	— 4,22	—5,80	— 6,1	— 2,0	2,94	—1,46	882	+ 26	800	970	...	...	SO. 1	1,00	5,0	— 2,5	144
8	713,36	—14,00	— 5,42	—6,88	— 7,0	— 4,1	2,85	—1,52	946	+ 89	920	960	6,6	17	SO. 1	1,00	4,7	— 2,7	142
9	721,83	— 5,57	— 3,40	—4,75	— 7,9	+ 1,0	3,21	—1,13	905	+ 48	760	1000	0,3	1	variable	0,81	4,9	— 2,4	140
10	725,48	— 1,95	— 7,03	—8,26	—13,0	— 2,0	2,59	—1,72	911	+ 53	750	1000	...	...	SSO. 1	0,80	4,7	— 2,5	139
11	724,41	— 3,06	— 5,74	—6,87	—11,0	— 1,0	2,76	—1,52	898	+ 40	790	980	...	...	SSO. 1	0,89	—	—	138
12	722,03	— 5,48	— 2,48	—3,50	— 4,9	— 0,3	3,67	—0,57	955	+ 96	880	1000	17,9	11	ESE. 1	1,00	5,6	— 1,4	147
13	723,38	— 4,16	+ 1,33	+0,41	— 0,6	+ 3,1	4,96	+0,75	982	+122	930	1000	...	...	SSO. 1	0,97	5,8	— 1,1	146
14	722,99	— 4,59	+ 8,05	+7,22	+ 2,7	+11,2	6,66	+2,48	803	— 58	700	860	1,0	4	variable	1,00	6,3	— 0,6	144
15	723,69	— 3,93	+10,17	+9,43	+ 7,0	+13,2	7,96	+3,81	854	— 8	740	1000	0,1	1	NNE. 1	1,00	6,5	— 0,3	143
16	725,16	— 2,48	+11,14	+10,49	+10,6	+13,2	8,88	+4,75	916	+ 54	850	970	12,8	11	SO. 1	0,93	6,6	— 0,1	142
17	727,62	— 0,04	+ 7,96	+7,40	+ 3,8	+11,3	5,84	+1,73	745	—118	610	870	...	...	SSO. 1	0,60	6,7	+ 0,1	141
18	732,11	+ 4,43	+ 6,18	+5,71	+ 2,8	+13,0	5,31	+1,22	744	—120	560	910	0,3	1	variable	0,72	—	—	140
19	730,33	+ 2,63	+ 4,48	+4,09	+ 0,4	+ 9,1	4,39	+0,31	696	—168	570	830	...	...	SSO. 1	0,87	6,3	— 0,1	140
20	721,06	— 6,65	+ 5,89	+5,58	+ 4,3	+ 8,5	5,70	+1,63	823	— 42	740	870	0,4	2	S. 1	0,86	6,5	+ 0,1	139
21	713,68	—14,04	+ 3,68	+3,44	+ 2,0	+ 6,3	5,26	+1,20	893	+ 28	820	940	3,1	7	SSO. 1	0,99	6,4	+ 0,1	138
22	713,14	—14,59	— 2,70	—2,86	— 6,0	+ 2,0	2,99	—1,07	819	— 47	750	860	...	...	NNE. 2	1,00	6,3	+ 0,1	138
23	716,79	—10,95	— 8,67	—8,76	—10,8	— 6,0	1,62	—2,43	721	—145	640	850	...	...	NNE. 2	0,96	4,4	— 1,7	137
24	718,46	— 9,30	—10,53	-10,56	—12,0	— 9,0	1,54	—2,51	786	— 81	670	910	...	...	NNE. 2	0,98	4,0	— 2,0	134
25	709,74	—18,03	— 9,19	—9,17	—10,8	— 8,2	1,99	—2,06	901	+ 34	830	950	2,2	8	NE. 2	0,98	—	—	132
26	713,98	—13,81	— 6,50	—6,42	— 9,0	— 4,8	2,54	—1,50	913	+ 45	840	960	3,3	7	SSO. 1	1,00	4,0	— 1,9	130
27	716,37	—11,43	— 7,64	—7,51	— 8,2	— 6,4	2,36	—1,68	946	+ 78	860	1000	0,2	2	O. 1	1,00	4,0	— 1,8	129
28	716,42	—11,40	— 6,09	—5,90	— 9,2	— 3,0	2,61	—1,43	896	+ 27	820	950	...	...	SSO. 1	0,88	3,7	— 2,1	128
29	715,68	—12,15	— 5,55	—5,31	— 6,4	— 3,5	2,48	—1,56	846	— 24	800	910	...	...	NE. 2	1,00	3,6	— 2,1	127
30	721,59	— 6,26	— 6,47	—6,19	— 7,6	— 4,8	2,44	—1,59	887	+ 17	810	950	1,1	5	SO. 1	0,98	3,3	— 2,3	126
31	726,86	— 1,01	— 6,41	—6,09	— 8,0	— 4,9	2,38	—1,65	855	— 15	730	940	0,3	3	variable	1,00	3,6	— 2,0	125

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	723,68	723,83	724,25	723,76	723,56	723,82	724,07	724,22	724,27
2e »	725,43	725,64	725,99	725,31	724,81	724,79	724,79	724,88	725,02
3e »	716,25	716,57	716,97	716,43	716,27	716,69	716,93	717,06	717,39
Mois	721,61	721,83	722,22	721,66	721,37	721,60	721,77	721,89	722,07
					Température.				
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,46	— 5,17	— 4,17	— 3,24	— 2,68	— 3,41	— 4,11	— 4,69	— 5,24
2e »	+ 3,51	+ 3,20	+ 4,31	+ 5,83	+ 6,64	+ 5,93	+ 5,12	+ 5,23	+ 5,17
3e »	— 6,23	— 6,35	— 5,98	— 5,30	— 5,35	— 5,65	— 5,96	— 6,12	— 6,45
Mois	— 2,84	— 2,89	— 2,08	— 1,04	— 0,62	— 1,19	— 1,79	— 2,00	— 2,31
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	2,69	2,76	2,94	2,94	3,07	2,96	2,94	2,84	2,77
2e »	5,48	5,47	5,63	5,84	5,83	5,60	5,57	5,65	5,72
3e »	2,70	2,61	2,63	2,70	2,60	2,64	2,55	2,50	2,41
Mois	3,59	3,58	3,70	3,79	3,79	3,70	3,65	3,62	3,59
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade	884	875	861	805	822	832	873	891	909
2e »	882	896	864	814	776	791	820	829	837
3e »	906	877	870	845	820	851	844	829	835
Mois	891	883	865	822	807	826	845	849	859

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 6,87	— 1,86	0,78	5,58	8,2	147,2
2e »	+ 1,51	+ 8,13	0,88	6,29	32,5	142,0
3e »	— 7,82	— 3,85	0,98	4,37	10,2	131,1
Mois	— 4,50	+ 0,66	0,88	5,34	50,9	139,9

Dans ce mois, l'air a été calme 2,87 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,20 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 0°,4 E., et son intensité est égale à 12,7 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1870.

Le 1,	brouillard	depuis 10 h. du matin.
3,	id.	depuis 4 h. du soir.
4,	id.	jusqu'à 4 h. du soir.
6,	id.	jusqu'à midi.
7,8,9,	id.	tout le jour.
13,	id.	une partie de la journée.
14,	id.	toute la journée.
15,	id.	depuis 10 h. du matin.
16,	id.	jusqu'à 4 h. du soir.
17,	id.	depuis 8 h. du matin.
18,19,	id.	tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	557,45	Le 2 à 6 h. matin	554,85
5 à midi	559,98	4 à 6 h. matin	552,71
15 à 10 h. soir	564,57	8 à 4 h. soir	545,02
18 à 10 h. soir	565,87	17 à 2 h. après m.	562,25
28 à 10 h. soir	550,16	23 à 10 h. soir	543,80
31 à 10 h. matin	553,90	29 à 2 h. après m.	548,70

Jours du mois	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	557,78	— 4,17	556,92	559,00	—14,74	— 8,02	—17,0	—13,0	.....	.....	....	NE. 1	0,73
2	556,43	— 5,50	554,85	557,45	—20,97	—14,17	—22,3	—19,1	.....	.....	....	NE. 1	0,13
3	554,32	— 7,59	553,12	555,37	—19,58	—12,70	—22,9	—16,0	.....	.....	....	NE. 2	0,52
4	555,36	— 6,53	552,71	558,35	—19,85	—12,89	—20,8	—19,0	40	4,5	4	SO. 1	0,58
5	559,68	— 2,19	558,84	559,98	—15,32	— 8,28	—18,5	—13,2	.....	.....	....	variable	0,01
6	556,10	— 5,75	554,05	558,04	—12,46	— 5,34	—13,1	—11,5	.....	.....	....	SO. 1	0,57
7	550,12	—11,70	549,66	550,97	— 9,82	— 2,61	—10,4	— 8,6	.....	.....	....	SO. 1	0,82
8	545,59	—16,21	545,02	546,54	—11,68	— 4,39	—15,8	— 8,3	50	4,2	4	NE. 1	0,99
9	552,72	— 9,06	549,07	555,65	—14,84	— 7,47	—15,7	—13,0	.....	.....	....	NE. 3	1,00
10	556,75	— 5,01	555,85	557,40	—11,51	— 4,07	—16,1	— 8,8	.....	.....	....	variable	0,04
11	558,13	— 3,61	557,43	559,06	— 6,82	+ 0,69	— 9,0	— 3,5	.....	.....	....	SO. 1	0,30
12	559,73	— 1,99	559,35	560,24	— 5,53	+ 2,05	— 6,6	— 4,5	20	1,7	2	SO. 1	0,63
13	561,25	— 0,45	560,28	562,19	— 2,29	+ 5,36	— 4,5	— 0,5	35	4,7	10	SO. 1	0,59
14	562,90	+ 1,22	562,13	563,23	+ 1,01	+ 8,73	— 0,2	+ 2,4	.....	.....	....	SO. 1	0,83
15	563,96	+ 2,30	562,89	564,57	+ 2,21	+ 9,99	+ 1,8	+ 3,4	.....	4,3	4	SO. 1	0,80
16	563,56	+ 1,92	563,05	564,12	+ 0,30	+ 8,14	— 2,2	+ 2,6	35	5,5	6	SO. 1	0,77
17	562,53	+ 0,90	562,25	563,19	— 5,41	+ 2,49	— 7,2	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,86
18	564,41	+ 2,80	563,33	565,87	— 7,99	— 0,03	— 8,7	— 7,0	.....	.....	....	NE. 3	1,00
19	563,04	+ 1,45	561,45	564,13	— 5,52	+ 2,50	— 8,8	— 3,5	.....	....	....	NE. 3	0,80
20	556,27	— 5,30	553,73	558,70	— 5,65	+ 2,43	— 7,7	— 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,37
21	549,07	—12,49	547,77	550,76	— 9,30	— 1,17	—10,5	— 7,4	100	8,2	4	NE. 1	0,06
22	545,35	—16,20	544,63	546,51	—15,16	— 6,98	—19,0	—12,4	.....	.....	....	NE. 1	0,00
23	543,94	—17,59	543,80	544,21	—23,43	—15,20	—27,0	—21,0	.....	.....	....	NE. 2	0,00
24	545,77	—15,74	543,82	547,83	—22,11	—13,83	—26,8	—18,2	.....	.....	....	NE. 2	0,11
25	547,19	—14,30	546,48	548,16	—18,21	— 9,88	—20,0	—17,0	.....	.....	....	SO. 2	0,00
26	548,06	—13,41	546,99	548,76	— 9,91	— 1,54	—14,1	— 8,4	50	4,3	4	SO. 1	0,00
27	547,95	—13,51	546,26	549,16	— 9,41	— 1,00	—12,2	— 6,4	.....	.....	....	NE. 1	0,00
28	549,41	—12,03	548,21	550,16	—12,20	— 3,75	—12,8	—11,0	75	3,5	4	SO. 2	0,00
29	548,91	—12,51	548,70	549,35	—10,62	— 2,13	—12,3	— 8,5	85	2,2	4	SO. 1	0,00
30	552,51	— 8,89	549,60	555,25	—11,42	— 2,89	—13,8	— 9,5	.....	.....	....	SO. 1	0,00
31	555,37	— 6,01	554,63	555,90	—14,63	— 6,06	—16,8	—11,0	.....	.....	....	variable	0,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	554,12	554,30	554,65	554,63	554,42	554,56	554,56	554,69	554,83
2e »	561,46	561,67	561,81	561,72	561,50	561,59	561,53	561,58	561,72
3e »	548,06	548,43	548,54	548,36	548,47	548,66	548,61	548,77	549,00
Mois	554,34	554,59	554,79	554,69	554,59	554,73	554,70	554,81	554,98
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—15,54	—15,97	—14,85	—13,54	—14,16	—14,48	—15,41	—15,05	—15,20
2e »	— 3,72	— 3,87	— 2,77	— 2,34	— 2,78	— 3,69	— 3,84	— 3,76	— 3,86
3e »	—15,58	—14,75	—14,13	—13,00	—12,49	—13,38	—14,23	—14,34	—14,57
Mois	—11,74	—11,64	—10,70	— 9,74	— 9,90	—10,61	—11,26	—11,15	—11,32

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	−17,26	−13,05	0,54	8,7	90
2e »	− 5,31	− 1,68	0,70	16,2	90
3e »	−16,85	−11,89	0,15	18,2	310
Mois	−13,26	− 8,97	0,40	43,1	490

Dans ce mois, l'air a été calme 9,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 33,3 sur 100.

* Voir la note du tableau.

a

MÉMOIRE

SUR

LA VISION BINOCULAIRE

PAR M. RAOUL PICTET

(Extrait communiqué par l'auteur.)

I

Dans cette notice, résumé succinct d'un mémoire[1] sur la vision binoculaire, nous ne pouvons donner qu'un rapide aperçu des questions qui y sont traitées ; nous sommes forcé, pour ne pas sortir du cadre qui nous est assigné, de supprimer tout l'historique du sujet et de nous contenter d'exposer la méthode expérimentale suivie pour arriver à quelques conclusions certaines sur les faits complexes que nous avons à étudier.

Nous supposons donc tous les phénomènes de la vision binoculaire connus ; ils sont décrits avec beaucoup de soin dans l'ouvrage de M. Helmholtz.

Nous mentionnerons cependant un point essentiel, que nous n'avons pas trouvé dans les travaux de physiologie optique, c'est que toutes les fois que nous voyons des images doubles, elles revêtent l'apparence d'une transparence parfaite en totalité ou seulement sur une zone à contours limités suivant la direction des axes optiques.

Nous donnerons plus loin l'explication de cette transparence apparente et les causes qui la modifient.

[1] Le mémoire complet paraîtra probablement sous peu à Saint-Pétersbourg.

Nous nous trouvons en présence de deux théories principales qu'il s'agit d'étudier et de critiquer. Nous allons le faire aussi brièvement que possible :

Exposons d'abord la théorie nativistique, la première en date et qui compte parmi ses défenseurs des autorités scientifiques.

On sait que la rétine est formée d'une série de couches dont une, celle des cônes et des bâtonnets, représente l'épanouissement du nerf optique ; c'est elle qui est sensible à la lumière, et qui reçoit l'impression lumineuse des objets compris dans le champ visuel.

Si l'on suppose que l'on transporte parallèlement à elle-même une des rétines sur l'autre, on convient d'appeler *points correspondants* les éléments nerveux qui se trouvent ainsi superposés.

La théorie nativistique suppose que deux points correspondants qui occupent chacun la même place dans chaque œil, sont anatomiquement liés entre eux par les ramifications du système nerveux et que ces deux points situés à deux places différentes de l'organisme ne peuvent transmettre au sensorium qu'une seule et même impression.

Muller pensait que ces deux éléments nerveux aboutissaient à la même cellule de l'encéphale.

La fusion de deux impressions en une seule pouvant cependant s'opérer sans cette condition, on considère cette commune origine comme une chose possible ou probable, sans y attacher une trop grande importance.

Voici maintenant comment cette théorie explique les phénomènes de la vision binoculaire.

Chaque fois qu'un objet est à l'intersection des axes optiques, il excite dans les deux yeux des points corres-

pondants, puisqu'ils sont symétriquement placés par rapport aux axes optiques, donc l'objet sera vu simple.

Si au contraire un objet n'est pas à l'intersection des axes optiques, il affectera dans les deux yeux des points asymétriques et non correspondants, par suite chaque œil percevra une image extériorisée dans une direction différente de l'autre, et le sensorium aura conscience de deux objets.

Le relief ne serait, d'après cette théorie, qu'une impression résultant d'une infinité d'impressions partielles que les yeux éprouveraient en faisant croiser les axes optiques dans les différents points du corps considéré. Tous ces points seraient successivement vus simples et doubles suivant le degré de convergence des axes; l'impression vive de la fusion des images en une seule persisterait, tandis qu'on négligerait la multitude des images doubles qui s'effaceraient les unes les autres, surtout à cause de leur peu de netteté.

C'est ainsi que M. Brücke et M. Prevost de Genève ont expliqué cet important phénomène.

Voici les objections principales que l'on fait à cette théorie.

S'il est vrai que deux points identiques ou correspondants peuvent seuls donner une impression unique, comment se fait-il qu'un corps de formes variées puisse simultanément donner l'idée de l'unité et du relief, car les dessins rétiniens ne sont nullement identiques. Un corps dans l'espace n'est pas vu par les deux yeux de la même manière, ne dessine point sur les deux rétines la même image. Quelle que soit sa position, l'œil gauche voit un peu plus du corps sur la gauche et le droit doit en embrasser un peu plus sur la droite. Ces deux ima-

ges sont donc inégales et asymétriques dans les deux yeux, elles sont ce qu'on nomme des images stéréoscopiques.

La doctrine nativistique ou des points identiques n'est-elle pas en contradiction avec ce fait irrécusable.

M. Giraud-Teulon, après s'être posé cette question, croit y trouver une arme décisive contre cette théorie qu'il considère comme condamnée sans rémission.

M. Helmholtz, s'appuyant sur une argumentation analogue, arrive à des conclusions semblables, sans cependant s'aventurer autant, et considère à la fin de son travail la question comme non résolue d'une manière définitive.

A toutes ces raisons s'en ajoute une autre d'un grand poids, qui compromet tout à fait l'explication de la perception du relief telle que l'ont donnée MM. Prevost et Brücke : elle est tirée des expériences qui furent faites en 1841 par le physicien Dove, ainsi que l'a déjà rappelé M. E. Claparède dans une notice sur ce sujet.

M. Dove réussit, à l'aide du stéréoscope et de l'étincelle électrique, à faire naître l'impression du relief d'une manière très-vive; or la durée de l'étincelle est une fraction si petite de seconde, qu'il est absolument impossible d'admettre que les yeux fassent le moindre mouvement durant un temps aussi court.

Ce résultat ne veut pas dire du tout que le mouvement d'oscillation continuel du degré de convergence des axes ne soit d'un immense secours dans la représentation générale que nous nous faisons du corps considéré, mais il exclut dans le phénomène intime de la perception de la troisième dimension des corps, l'influence du système musculaire; c'est là un fait capital.

Les adversaires de la théorie nativistique mettent également en avant un argument qui n'a pas grande valeur, c'est le fait que, dans les préparations anatomiques du système nerveux de la vue, on n'a pas pu découvrir les éléments histologiques suffisants pour appuyer cette théorie sur des bases d'observation directe.

Il est de fait que, dans l'enchevêtrement des fibres terminales des nerfs, dans ces ganglions qu'on trouve constamment et d'où partent une infinité de radicules nerveuses, il serait plus difficile de déterminer par où les anastomoses sont impossibles que de prouver le contraire. Mais sur ce terrain, des expériences physiologiques guideront plus sûrement que le scalpel et le microscope.

La seule question anatomique qui soit parfaitement constatée et qui plaide en faveur de la théorie nativistique, c'est l'entre-croisement des fibres nerveuses dans le chiasma. Il règne encore de nombreuses divergences sur le mode d'entre-croisement, mais le fait lui-même est reconnu et accepté par tous.

Les cas d'hémiopie sont assez fréquents pour avoir établi la chose d'une manière péremptoire.

Passons maintenant à la théorie empiristique. L'exposé de cette théorie n'est pas chose facile, car on doit faire appel à des phénomènes psychiques un peu abstraits et dont on se rend difficilement compte au premier abord.

La vision simple avec les deux yeux s'expliquerait comme suit :

Supposons un enfant venant au monde parfaitement sain, ses yeux sont tous les deux aptes à voir et normalement conformés, mais on suppose qu'à ce moment il n'y a *aucune espèce de connexion nerveuse préexistante* entre les deux yeux.

La *Fovea centralis* étant la partie la plus sensible de la rétine, l'enfant instinctivement tournera ses yeux de manière que les rayons lumineux émergeants de l'objet qu'il considère, viennent frapper cette région, car il percevra dans ces conditions l'image avec le maximum de netteté. Ce mouvement des yeux se répétant constamment déterminera pour chaque œil l'axe optique; puis pour augmenter encore la netteté des images, il fera converger ses deux axes optiques sur le même objet; la première fois qu'il le fera, verra-t-il double, verra-t-il simple ? on ne sait; mais peu à peu pouvant par le sens du toucher vérifier que ces deux impressions lumineuses distinctes proviennent cependant d'un seul et même objet, il *prendra l'habitude* de voir simple malgré ces deux sensations lumineuses, dès lors la vision simple avec les deux yeux deviendra un phénomène ordinaire pour lui pendant sa vie.

M. Helmholtz expose cette théorie en disant :

« Si nous recherchons la cause de ces faits, nous sommes amenés à nous poser la célèbre question de savoir pourquoi nous voyons simple avec les deux yeux.

« Tant que l'on ne considère les sensations que comme des signes dont l'interprétation ne s'apprend que par l'expérience, la réponse ne présente pas de difficulté particulière.

« Presque tous les objets extérieurs affectent simultanément différentes fibres nerveuses de notre corps, et produisent des sensations composées, dont nous apprenons à considérer l'ensemble comme étant le signe sensuel de l'objet extérieur, et cela sans que nous ayons conscience de la nature complexe de ce signe. »

Quelques lignes plus loin, il formule son hypothèse en disant :

« Il résulte de mes observations, que le contenu de chaque champ visuel arrive à notre conscience sans être lié par une disposition organique à celui de l'autre, et que, par conséquent, la fusion des deux champs visuels, en tant qu'elle se produit, est un acte psychique. »

Ainsi, cette théorie, défendue également par MM. Schleiden et Nagel, tend à exclure entièrement toute connexion organique nerveuse entre les deux yeux, et à donner, comme cause de ces phénomènes, le résultat de l'habitude et la corrélation des sens entre eux.

Une semblable hypothèse est assez spécieuse, car le peu de précision qu'elle présente, le vague dont elle entoure l'origine des habitudes, empêchent de la combattre d'une manière très-directe et sur un terrain parfaitement solide.

Nous allons prouver cependant que si cette théorie est commode pour expliquer une foule de phénomènes, elle est plus qu'incomplète l'orsqu'on aborde l'analyse expérimentale.

En la considérant sous sa forme la plus facile à comprendre, nous voyons cet enfant qui s'habitue à fixer un objet avec ses deux yeux dirigés dans la même direction, mais il cherche aussi à diriger ses bras vers le même objet, et le prend dans ses mains; le sens du toucher se perfectionne en même temps que celui de la vue, et cependant, entre le toucher et la vue il y a une différence essentielle; l'enfant ne fusionnera jamais deux impressions identiques produites dans ses deux mains, tandis qu'il fusionnera deux impressions lumineuses; pourquoi cette différence ?

Mais allons plus loin, et considérons un cas assez fréquent dans les annales pathologiques, c'est celui d'un stra-

bisme congital; il nous fournira un argument sérieux contre cette théorie.

Je suppose que l'enfant qui vient de naître ait deux yeux parfaitement sains et normalement constitués, seulement la prépondérance des muscles internes ou externes limite la course d'un des yeux, ce qui le rend strabique. Cet enfant se développera suivant les mêmes lois que celui qui est parfaitement sain. Il commencera par coordonner les impressions visuelles avec celles que lui donnent le tact et les autres sens; les diverses directions dans lesquelles il doit se transporter, pour aller vers un objet qu'il voit par ses deux yeux, détermineront pour lui la localisation dans l'espace des impressions rétiniennes; les phénomènes d'habitude prendront chez lui la même énergie et la même valeur psychique que chez l'enfant bien conformé, et, dans ce cas, si l'hypothèse empiristique est absolument vraie, à force de rapporter deux impressions lumineuses à un corps que le toucher lui montre être unique, il doit prendre la vue simple binoculaire. Ce cas ne se réalise pas, et si les yeux sont sains, en général le strabique néglige une des images afin d'échapper à la diplopie qui est fort gênante. Ce résultat est donc en opposition avec la théorie qui nous occupe.

Voyons maintenant ce qui se passe quand on opère cet enfant strabique dès sa naissance; lorsque les yeux auront pris leur position normale, il est clair qu'on ne pourra pas s'attendre à rendre de suite la vision simple, car le jugement et le raisonnement ne peuvent pas faire en quelques instants, ce qu'une longue pratique seule est capable de produire.

M. Javal cite plusieurs exemples très-curieux de per-

sonnes strabiques dès la naissance et opérées. Chaque fois que le malade avait les deux yeux sains et que l'opération était bien faite, *immédiatement* après, le strabisme se trouvait remplacé par la vision binoculaire simple. Il cite des noms et décrit les opérations faites par plusieurs célèbres oculistes comme Græfe, Liebreich, etc., qui sont parvenus à des résultats entièrement concordants. Il n'y a qu'une exception à cette règle : ce sont les cas appelés incongruence de rétines, cas que nous examinerons à la fin de cette notice.

Enfin, nous donnerons encore deux arguments qui tendent à faire rejeter cette théorie.

Le premier est tiré de considérations d'anatomie comparée. Si l'on examine les différents groupes des animaux vertébrés et les séries qu'ils présentent dans leur organisation par rapport aux organes visuels, on voit qu'à mesure que les yeux prennent une position plus latérale, le chiasma ou connexion des deux nerfs optiques perd de son importance théoriquement et de fait, l'observation montre que l'entre-croisement des fibres nerveuses est d'autant moins complet que les yeux sont plus opposés. Chez certains vertébrés, le chiasma a même complétement disparu, et les deux nerfs ne sont plus soudés que par un tissu conjonctif ou fibreux sans aucune importance physiologique.

Les deux yeux sont alors totalement opposés quant à leur orientation, il y a impossibilité matérielle de fusion d'images, il n'y a plus de chiasma.

Or la théorie empiristique nie entièrement que la disposition nerveuse de l'appareil visuel soit la cause de la fusion d'images doubles en une seule binoculaire, comment donc expliquera-t-elle cette modification importante de

l'organisme chez les êtres doués de vision simple, si réellement la structure anatomique était sans influence.

Le chiasma, dans la théorie empiristique, est tout à fait superflu.

Le dernier argument que nous opposerons à cette théorie est déduit d'expériences personnelles, sur les conditions nécessaires à la perception du relief.

Si l'on fixe deux écrans à un manche, de manière qu'ils soient dans un même plan, et que les deux bords des deux écrans soient séparés par une fente de 5 à 6 millimètres, il sera possible, par cet appareil, de déterminer une condition importante pour qu'on puisse percevoir le relief.

Supposons qu'on regarde un objet placé près de soi, et qu'on interpose le plan des deux écrans tenus par le manche commun, de manière à ce que la fente permette à un seul œil de voir l'objet, il est clair que dans ces conditions la sensation de relief disparaît, et qu'on voit l'objet par la vision monoculaire simple. On peut transporter la fente un peu à gauche ou un peu à droite, de manière que ce soit l'autre œil qui soit mis en communication directe avec l'objet, puis un mouvement périodique d'oscillation fera successivement naître, alternativement dans chaque œil, une impression lumineuse monoculaire.

Tant que le mouvement des écrans est lent, et que les impressions lumineuses dans chaque œil se succèdent à des intervalles notables, il est impossible de percevoir aucune différence entre les images rétiniennes qui pourtant, ainsi que nous l'avons vu, sont asymétriques et stéréoscopiques.

Si l'on accélère le mouvement d'oscillation du petit

appareil, et que le temps qui sépare deux impressions lumineuses perçues dans les deux yeux devienne *moins qu'un neuvième de seconde,* aussitôt l'impression du relief naît avec sa vivacité caractéristique; or on sait que la durée d'une impression lumineuse est d'environ un neuvième de seconde.

La conclusion de cette expérience est celle-ci : pour que la sensation du relief soit perçue, *il faut que l'impression lumineuse existe simultanément sur les deux rétines.*

Ce résultat montre qu'il y a un rapport intime entre la structure anatomique des nerfs optiques et le phénomène du relief, car si la théorie empiristique expliquait réellement les faits considérés, le relief devrait être perçu lorsque dans chaque œil serait venue se peindre une image stéréoscopique, même à supposer qu'il se fût écoulé un certain temps entre les deux impressions lumineuses, un quart de seconde, par exemple.

Comment croire que la mémoire des sensations de l'appareil de la vue serait si fugace, qu'à une fraction de seconde près l'impression disparaîtrait et le relief ne pourrait pas être perçu.

Ces dernières considérations sont propres à montrer d'une manière évidente que, si dans l'interprétation des sensations la théorie empiristique est applicable jusque dans ses dernières limites, il est impossible de la maintenir pour l'explication des phénomènes de sensation eux-mêmes, lesquels dépendent en première ligne de la structure anatomique.

Nous venons d'exposer aussi rapidement que possible les deux principales théories, les faits qui militent en leur faveur et les objections qu'on leur a opposées.

La question est donc loin d'être élucidée, car aucune de

ces hypothèses scientifiques n'a reçu la sanction indispensable d'une synthèse complète, entièrement vérifiée par les faits observés.

Le but que nous nous proposons dans les chapitres suivants est de décrire la méthode synthétique que nous avons suivie pour démontrer par de nombreuses expériences la liaison nerveuse qui existe anatomiquement entre les points correspondants.

Nous partirons de lois connues de physiologie, et nous emploierons une disposition spéciale qui nous servira de critère dans l'étude qui nous occupe.

II

Établissons d'abord la loi fondamentale qui préside à la transmission des impressions et des sensations et par là nous permet d'entrer en rapport avec le monde extérieur.

Je suppose que je prenne un corps chaud dans la main, aussitôt les papilles nerveuses qui tapissent la surface de la peau, ébranlées par ce corps, transmettent leurs vibrations au tronc nerveux dont elles ne sont que l'épanouissement, et le nerf lui-même, laissant à chaque fibre nerveuse élémentaire l'excitation qui lui est propre, apporte au sensorium l'impression de chaleur ; mais bien que l'*impression* soit produite dans l'encéphale (ce qui est démontré), la *sensation* ne s'y localise pas, elle est reportée d'une manière immédiate à l'autre extrémité des fibres nerveuses qui amènent l'impression.

Cette loi qui est vraie pour le sens du toucher s'applique également aux autres sens, nous reportons toujours et dans tous les cas la sensation à l'extrémité périphérique du nerf excité.

Il n'est pas nécessaire pour cela que la cause de l'irritation du nerf ait son siége d'action à l'extrémité de ce nerf, elle peut agir tout le long du tronc nerveux, la sensation n'en sera pas moins reportée à cette extrémité, lors même qu'aucune excitation n'y est produite.

Des expériences faciles à reproduire sur soi-même démontrent clairement que si l'irritation d'un tronc nerveux de mouvement fait contracter tous les muscles qui en reçoivent les filets, celle d'un nerf de sentiment provoque des sensations douloureuses dans tous les points où il se ramifie.

Comprimez fortement le nerf cubital dans son passage entre l'épitrochlée et l'olécrane, et vous éprouverez un picotement douloureux en dedans de la paume et du dos de la main où vient se distribuer le nerf cubital.

Dans les amputations on remarque souvent que les douleurs les plus vives ne se font pas sentir à l'endroit même où passe le couteau, mais dans les membres qui vont être séparés du corps.

Un coup un peu violent sur l'œil fait *voir les étoiles*, une compression seulement donne naissance aux phosphènes si bien étudiées par M. Serre d'Uzes, qui n'a pas craint, dans un but scientifique, de s'infliger de vraies tortures.

Toutes ces expériences, et une foule d'autres qu'il serait trop long de rappeler ici, démontrent la vérité de cette loi fondamentale :

Une impression arrivant au sensorium, la sensation est reportée invariablement à l'extrémité la plus éloignée du centre nerveux du ou des nerfs qui apportent l'impression.

Une remarque essentielle s'applique à tous les phéno-

mènes de sensation, c'est que les facultés mentales, l'intelligence et le raisonnement, ne peuvent en aucune manière apporter des modifications dans la localisation et la durée des impressions sensorielles.

Nous voulons dire par là que si un organe est lésé il est absolument impossible, par la volonté, de transporter la sensation douloureuse que nous éprouvons dans un autre organe.

L'habitude ne joue aussi qu'un rôle secondaire dans la nature intime des sensations perçues par le sensorium, elle sert uniquement à faciliter la rapidité et surtout l'exactitude avec lesquelles nous portons des jugements sur les corps qui nous entourent et nous modifient.

Il va sans dire que, lorsqu'on parle d'habitude, on sous-entend toujours un phénomène primordial dont la cause n'était pas l'habitude puisqu'elle n'a pris naissance que par la réitération de ce phénomène.

Afin de rapprocher les faits généraux que nous venons de rappeler du point spécial qui nous intéresse, nous allons employer une position spéciale d'expérience :

Nous supposons qu'un œil seul voie un objet et que l'on interpose un écran opaque entre l'objet et l'autre œil de manière à en cacher la vue.

Nous analyserons *à priori* la sensation qui doit être perçue si la théorie nativistique est vraie, puis en faisant les expériences directes, nous comparerons les données théoriques aux résultats obtenus; telle doit être la marche de la méthode scientifique.

Établissons les prémices du raisonnement.

1° Puisque nous supposons la doctrine des points identiques vraie, nous admettrons que deux points corres-

pondants sont liés anatomiquement par le système nerveux et que les deux fibres élémentaires qui en proviennent fusionnent leurs impressions en une seule.

2° Nous avons la loi générale qui constate le report des sensations à la périphérie du système nerveux et que nous avons définie en disant : Toute impression arrivant au sensorium, la sensation est reportée invariablement à l'extrémité la plus éloignée du centre nerveux *du* ou *des* nerfs qui apportent l'impression.

Que doit-on donc ressentir lorsqu'en fixant le regard sur un objet, on permet seulement à l'œil gauche, par exemple, de le voir tandis qu'un écran est placé entre l'œil droit et ce même objet ? Ceci :

L'impression lumineuse arrive par l'œil gauche et dessine sur la rétine l'image de l'objet considéré, elle irrite les fibres nerveuses du nerf optique, et le sensorium en a la perception ; mais où reporterons-nous la sensation ? A l'extrémité périphérique *du* ou *des* nerfs qui apportent l'impression. Or la doctrine des points identiques nous dit que deux impressions provenant de deux points correspondants se fusionnent en une seule, donc, dans le cas particulier où nous nous trouvons, si cette doctrine est vraie, la sensation provenant de l'œil gauche sera reportée d'une manière forcée et obligatoire, non-seulement à l'œil gauche mais aussi à l'œil droit.

Nous pouvons parfaitement assimiler ce cas à ceux dont nous avons parlé précédemment.

On se heurte le coude et la douleur est perçue dans la main.

Supposons qu'on pût, dans l'intérieur de l'encéphale, irriter la racine rachidienne d'un nerf quelconque, la sensation, comme nous l'avons vu, se ressentira toujours à

l'autre extrémité. C'est ce qui arrive dans la position que nous avons choisie à dessein dans ce but ; on irrite dans le sensorium la racine des fibres optiques, et la sensation doit se ressentir à l'extrémité de ces mêmes fibres qui amènent l'impression, c'est-à-dire aux deux yeux, puisque nous raisonnons en supposant vraie la doctrine des points identiques.

L'habitude ne pourra jouer aucun rôle dans ces phénomènes s'ils se présentent en réalité, car le report des sensations est démontré intimement lié avec la structure anatomique préexistant par rapport à la sensation.

Présentons ce raisonnement d'une autre manière :

Si nous supposons une sensation unique résultant de la fusion de deux impressions reçues par deux éléments nerveux, réciproquement étant donnée cette sensation unique, nous la reporterons à l'extrémité des deux éléments nerveux considérés.

Nous ne faisons appel qu'aux lois générales de physiologie que trop de faits prouvent pour qu'on puisse les révoquer en doute.

Chaque point irrité par l'image de l'objet dans l'œil gauche suscitera par conséquent une sensation identique dans le point correspondant de l'œil droit.

Ces sensations provenant de la structure de l'appareil optique produisent une modification telle dans l'encéphale que l'acte psychique, qui en dérive, doit avoir la même énergie que si cette vision illusoire par l'œil droit avait physiquement lieu.

Comme dans tout ce qui suivra nous aurons constamment l'occasion de parler de ces impressions tout subjectives, nous convenons dès maintenant de les appeler : *images d'illusion*.

Nous disons donc qu'un objet, visible pour l'œil gauche et invisible pour l'œil droit, doit former une image réelle sur la rétine gauche et une image d'illusion dans l'œil droit.

Cette image d'illusion n'a au point de vue physique aucun des caractères de l'image réelle, elle ne provoque aucune vibration sur la rétine droite, mais elle est perçue par le sensorium avec autant de netteté que si elle existait réellement, elle est en tous points comparable à la sensation que nous éprouvons dans la main en nous froissant le coude, ou même aux douleurs que certains amputés ressentent dans le membre qu'ils n'ont plus.

Il est très-important d'appuyer sur ce fait que ces images d'illusion sont purement subjectives, sans quoi l'on commettrait de graves erreurs.

Déterminons maintenant, toujours *a priori*, l'apparence que devront revêtir ces images d'illusion et leur influence sur l'écran.

L'œil gauche étant fixé sur l'objet, l'image, umineuse qui se peint sur la rétine nous renseignera d'une manière assez précise, quoique incomplète, sur la distance à laquelle il se trouve de nous, sur ses formes générales, sa couleur, etc., etc. Toutes ces sensations seront attribuées également à l'image d'illusion de l'œil droit, de là doit naître forcément l'illusion de la *transparence de l'écran* interceptant pour l'œil droit la vision directe de l'objet.

En effet, le caractère d'un écran opaque est d'intercepter la vue des objets qui sont placés derrière lui; dès que cette propriété disparaît, l'écran est dit transparent.

Mais nous reportons dans l'œil droit une sensation telle qu'il nous semble voir l'objet caché par l'écran,

c'est précisément en cela que consiste l'illusion, donc l'écran perdra l'apparence d'opacité.

Tous les corps qui avoisinent l'objet considéré et qui sont compris dans le champ visuel de l'œil gauche, devront pour les mêmes raisons produire des images d'illusion dans l'œil droit, ce qui fait que l'écran ne paraîtra pas transparent uniquement dans la partie sur laquelle se détache l'image de l'objet qui attire l'attention, mais dans toute son étendue sur une bande verticale du côté gauche.

Nous verrons plus loin les limites géométriques que l'on doit assigner à cette transparence illusoire.

Supposons que l'on prenne un crayon de la main droite, et qu'on promène la pointe sur l'écran qui intercepte les rayons lumineux pour l'œil droit, il arrivera un moment où cette pointe semblera passer sur le contour des objets vus par transparence illusoire ; en suivant ces contours on pourra donc dessiner l'objet tel qu'il apparaît. Si pendant l'exécution graphique les axes passent par différents degrés de convergence, la projection de l'image d'illusion participera à la déviation des axes optiques, et on la verra se mouvoir de droite à gauche, ou de gauche à droite.

Le contour tracé sera l'intersection de l'écran et d'un cône dont les génératrices sont assujetties à passer par le centre optique de l'œil droit et par les points correspondants de ceux qui sont directement excités dans l'œil gauche par l'image physique.

Les lois de la perspective doivent également s'appliquer au tracé de cette image d'illusion. Ainsi la surface de l'écran comprise dans le contour sera proportionnelle au carré de la distance qui sépare l'écran du centre optique.

Mais nous ne nous étendrons pas trop dans des considérations *a priori* et nous vérifierons dès maintenant par l'expérience celles que nous venons d'exposer.

III

Voici de quelle manière nous avons procédé pour vérifier expérimentalement les conclusions théoriques qui découlent de l'hypothèse d'un lien anatomique entre les points identiques :

On regarde fixement un point situé à quelque distance, un clocher, un arbre, voire même, si l'on veut, un objet situé au fond de la chambre, puis on met entre les yeux un écran, de telle sorte que sa tranche s'applique sur le front et le nez, et que son plan vertical et parallèle, à la direction des axes optiques, n'empêche aucun œil de voir l'objet considéré (Pl. II, fig. I).

A ce moment, tout en tenant les deux yeux ouverts, on approche un second écran du premier, de manière que leurs deux plans soient perpendiculaires, et leur ligne d'intersection verticale.

Quand ce second écran est venu toucher le premier, tout rapport direct entre l'œil droit et l'objet a cessé (si l'on interpose le second écran par la droite comme dans la figure), malgré cela, on n'en continue pas moins de voir et de distinguer l'objet ou le point miré à travers l'écran interposé, comme à travers un corps excessivement diaphane et transparent.

Il est vrai qu'aussitôt la sensation du relief disparaît, et que nous ne jugeons des formes générales que par les indications moins précises de la vision monoculaire.

Si l'on promène le doigt sur cet écran, on le voit passer sur tout le paysage que l'autre œil seul peut voir,

et il est aisé de tracer au crayon les contours qui apparaissent d'une manière très-nette.

Si l'on ferme l'œil gauche placé de l'autre côté de l'écran, et qui reçoit l'impression directe de la lumière, l'image d'illusion disparaît immédiatement et l'on ne voit plus que le contour tracé par le crayon sur l'écran; si on le rouvre, le phénomène se reproduit et l'on voit le dessin reparaître comme cadre du paysage.

L'écran qui est interposé devant l'œil droit ne paraît pas transparent dans sa totalité, mais seulement dans une bande du côté gauche; la largeur de cette bande varie suivant les diverses positions que peuvent prendre les axes optiques et leur degré de convergence. Une épure de géométrie facile à établir, limite exactement la zone vue transparente par illusion; nous en donnerons un exemple plus loin.

Il y a une manière plus commode de procéder à ces expériences, et la nouvelle disposition que nous allons employer nous permettra de faire usage de plusieurs moyens d'analyse qu'il importe de ne pas négliger.

On place sur une table une feuille de papier blanc, et l'on pose dessus une petite pièce de monnaie, ou un objet quelconque, ainsi que le représente la figure 11, pl. II.

Comme dans l'expérience précédente, on maintient entre les deux yeux un écran, de manière qu'un seul des yeux puisse apercevoir le corps placé sur le papier, ce qui s'obtient facilement en plaçant le bord inférieur de l'écran juste à côté de la pièce de monnaie.

Il convient, dans cette expérience, de tenir cet écran vertical, car cela permet à l'observateur d'avoir ses deux mains libres.

Lorsqu'on examine ce qu'on éprouve en dirigeant le

regard sur la pièce de monnaie, ont voit que l'écran vertical paraît transparent dans sa totalité, et qu'il permet à l'œil droit de distinguer la pièce comme à travers une surface des plus diaphanes, ressemblant à un léger voile.

Si alors, tout en maintenant les deux yeux ouverts, on donne aux axes optiques une direction plus parallèle, c'est-à-dire celle qu'ils prendraient naturellement si la pièce s'éloignait de l'observateur en s'enfonçant sous la table, on voit l'image d'illusion de l'œil droit s'acheminer graduellement vers la droite, traverser la ligne d'intersection de l'écran et de la table, et venir se projeter de l'autre côté sur le papier blanc, où l'on peut en faire un tracé très-correct, en ayant soin, par un effort de volonté, d'empêcher tout mouvement des axes optiques une fois l'opération graphique commencée.

En effet, cette image d'illusion change constamment de place avec la direction des axes optiques; il faut de l'exercice, et souvent de grands efforts, pour devenir maître des mouvements musculaires des yeux, encore ne le devient-on jamais que dans une certaine mesure.

Les limites de mouvement de l'image d'illusion perçue par l'œil droit, sont à gauche le point le plus extrême que l'on puisse distinguer sans changer la position de la tête, tandis qu'à droite, lorsque l'image d'illusion se projettera à une distance de la pièce de monnaie égale à la distance des deux centres optiques des yeux, on ne pourra guère la faire marcher plus à droite et outrepasser cette distance. Cela demande, pour être possible, que les axes optiques prolongés se coupent derrière la tête; cette position tout à fait anormale exige, pour être obtenue, des contractions douloureuses.

Quant au chemin parcouru par l'image d'illusion, entre

ces deux limites extrêmes, il est l'intersection du plan de la table et du plan des axes optiques, lequel contient le point de mire, c'est-à-dire la pièce de monnaie.

Il est évident que, si la tête de l'observateur est fixe, cette image d'illusion se transportera suivant une ligne droite, ce dont il est facile de se convaincre, en faisant suivre par un trait, les différentes positions successives qu'elle occupe.

Pour parvenir à tracer commodément cette image d'illusion, il faut arriver à fixer invariablement la direction des axes optiques, car, sans cela, les oscillations constantes dont nous venons de parler rendraient le tracé presque impossible.

Une position avantageuse, pour remplir ce but, est de choisir la position d'extrême droite ; en effet, c'est celle qui écarte le plus l'image d'illusion de l'image réelle, et qu'on peut le plus facilement conserver ou retrouver si l'on s'en est écarté.

Du reste, chaque expérimentateur doit chercher les positions qui lui conviennent le mieux et employer, si possible, des moyens auxiliaires, comme dans la figure I, où l'on utilise le parallélisme naturel des axes optiques, quand on regarde un point éloigné.

On peut également, dans la seconde expérience, remplacer la table par une plaque de verre tenue horizontalement à une certaine hauteur au-dessus du sol ; on fixe le regard sur un point du plancher, mais on attire l'attention sur la pièce de monnaie placée sur la plaque. La direction des axes optiques est alors facile à conserver.

Nous pouvons donner une preuve complète de la *subjectivité* de ces images d'illusion par l'emploi de verres grossissants et de lentilles concaves.

Nous tirerons d'abord *a priori* les résultats que l'expérience devra confirmer.

Je suppose que, dans l'expérience représentée dans la figure II, j'intercale, entre l'œil droit et le papier, une lentille convexe non achromatisée; en quoi modifiera-t-elle le contour tracé sur le papier?

Puisque les conditions de la formation de l'image réelle dans l'œil gauche n'ont pas changé, l'impression lumineuse produite sur la rétine gauche sera semblable dans les deux cas, et puisque l'image d'illusion est identique à celle que l'on perçoit directement, il en résulte qu'on devra la projeter par l'œil droit, comme si la lentille n'existait pas. Voilà quelles seront les sensations visuelles extériorisées par les deux yeux.

Mais, si nous essayons de tracer le contour de cette image d'illusion, l'action dioptrique et colorante de la lentille va se faire sentir. En effet, par l'œil droit on distingue la pointe du crayon sur le papier, grossie par l'effet de la lentille irisée; par ce même organe, on projette l'image d'illusion. *Il faudra donc que le contour tracé par le crayon soit d'autant de fois plus petit que la lentille grossit plus, puisque, amplifié par cette lentille, il doit venir se peindre sur les points de la rétine droite, correspondant à ceux qu'excite l'image réelle de l'œil gauche.*

Si la lentille grossit deux fois en diamètre, le diamètre du dessin tracé sera moitié de celui de la pièce.

A mesure que le crayon tracera le contour, la marque du crayon s'irisera, ce qui fait qu'à la fin de l'opération l'image d'illusion paraîtra irisée dans tous ses contours.

Telles sont les conclusions théoriques que l'expérience vient en tous points confirmer.

Pour cela mettons-nous dans les conditions qu'elle réclame.

Prenons une lentille convexe que l'on tient de la main droite, en la maintenant entre l'œil droit et le papier, de telle sorte que son foyer conjugué se trouve placé sur le plan de la table et permette une vision claire et distincte du dessin qui va s'y tracer. L'autre œil, comme dans la précédente expérience, est ouvert et voit la petite pièce de monnaie placée à gauche de l'écran.

A ce moment, si l'on examine attentivement l'impression visuelle, on reconnaît que dans les sensations perçues il n'existe aucune différence, qu'il y ait ou non la lentille.

La première partie des déductions théoriques se trouve ainsi démontrée.

Mais traçons le contour de cette image d'illusion, la pointe du crayon apparaissant au foyer, sera vue distinctement et irisée; pendant qu'elle suit le contour de la projection de l'image d'illusion, la trace qu'elle laisse se colore et l'on peut à la fin du tracé vérifier les deux autres prévisions théoriques :

Que le contour tracé est d'autant plus petit que la lentille grossit davantage, et que :

L'image d'illusion paraît irisée, encadrée qu'elle est par le dessin du crayon.

Changeons maintenant la lentille convexe contre une lentille concave, et refaisons l'expérience.

Il est évident dans ce cas que le contour tracé devra être alors d'autant de fois plus grand que la lentille diminue davantage, car l'action de cette lentille sur le dessin sera de le diminuer, mais il devra malgré cela venir encore affecter les mêmes points de la rétine droite qu'avant l'interposition de cette lentille.

L'expérience refaite dans les mêmes conditions que précédemment confirme ces conclusions.

On peut ainsi résoudre un problème de physique assez intéressant, c'est de grossir un dessin 16 fois en surface au moyen de deux lentilles, l'une grossissant deux fois, l'autre diminuant deux fois.

Pour cela, mettons (fig. II) la lentille grossissante entre l'œil gauche et l'objet, puis la lentille divergente entre l'œil droit et le papier. L'image perçue par l'œil gauche sera celle de l'objet grossie deux fois en diamètre, mais l'action de la deuxième lentille fera que le dessin tracé, diminué deux fois en diamètre, donnera dans l'œil droit une image égale à celle qui pénètre dans l'œil gauche.

Ainsi le contour tracé sera grossi deux fois par la première lentille, puis deux fois encore par la seconde et sera de cette manière 16 fois plus grand en surface.

Pour bien réussir dans cette expérience, on doit s'habituer à employer des lentilles de plus en plus fortes, car il est difficile de se servir d'emblée de lentilles à court foyer.

Si l'on inverse entre elles les deux lentilles, le résultat sera inverse et l'on aura un contour 4 fois plus petit en diamètre.

L'emploi du stéréoscope de Brewster est d'un grand secours pour le tracé des images d'illusion; la forme prismatique des verres écarte notablement les axes optiques qui peuvent même diverger, tandis que leur convexité détermine un foyer vu avec beaucoup de netteté. Pour s'en servir, on met sous un des verres le dessin à copier et sous l'autre le papier blanc : l'image d'illusion se projette avec une telle intensité qu'il est absolument

impossible de dire quel est l'œil qui perçoit l'image réelle.

Pour obtenir des agrandissements, on peut employer les lois de la perspective en éloignant plus ou moins le plan sur lequel se projette l'image d'illusion.

Nous nous sommes servis dans ces expériences d'une pièce de 1 franc du diamètre de 23 millimètres.

En maintenant la pièce à 20 centimètres de l'œil gauche, nous avons projeté l'image d'illusion de l'œil droit sur un plan qui était successivement à des distances de 10, 20, 30, 40, 50 centimètres de l'œil droit. Les contours obtenus, en dessinant ces images d'illusion, eurent lse diamètres suivants : $11^{mm},3$, 23^{mm}, $34^{mm},7$, $46^{mm},4$, $58^{mm},1$.

Quand l'image d'illusion se projetait à des distances de 30, 40 et 50 centimètres, l'image de gauche devint légèrement indistincte, parce qu'involontairement j'accommodais mes deux yeux à la distance à laquelle je voyais le crayon.

Je me suis efforcé de conserver nette l'image de gauche en portant sur la pièce mon attention ; ce fut alors le crayon qui devint légèrement indistinct ; les contours qu'il traça eurent pour diamètres successifs : $11^{mm},7$, 23^{mm}, $34^{mm},3$, $45^{mm},6$ et $56^{mm},8$.

La différence de ces chiffres dans les deux séries s'explique facilement ; lorsque je m'appliquais à discerner nettement le crayon, le cristallin de l'œil droit jouait, par rapport à l'image d'illusion, le rôle d'une lentille très-faiblement divergente, ce qui entraîne un léger grossissement ; dans le secondcas c'est l'inverse qui a lieu, l'accommodation se fait pour une distance de 20 centimètres, par conséquent le cristallin de l'œil droit fait office d'une lentille légèrement grossissante, ce qui diminue le diamètre du contour tracé.

Nous avons par là vérifié expérimentalement toutes les conclusions théoriques auxquelles nous étions parvenus en nous basant sur la doctrine des points identiques.

Nous devrions continuer ainsi jusqu'au bout et faire découler, toujours *a priori*, tous les phénomènes de la vision binoculaire, afin de donner une synthèse complète à notre hypothèse. Malheureusement, cette marche rencontrerait de grandes difficultés, car, coordonner entre elles les sensations si variées et si nombreuses que nous fournit l'organe de la vue, avec celles non moins complexes des autres sens, est une tâche au-dessus de nos forces et qui ne présenterait pas dans son développement de garanties suffisantes.

Nous reprendrons donc la méthode analytique, et nous nous contenterons de montrer l'accord qui existe entre les phénomènes observés et notre hypothèse. Dans les cas possibles, nous aurons recours au raisonnement de déduction plus précis et plus concluant.

IV

Il nous faut reprendre les différents phénomènes de la vision binoculaire et voir comment ils trouvent une explication logique par la théorie des points identiques.

1° *Formation des images doubles, et leur transparence illusoire suivant le degré de convergence des axes optiques.*

Considérons successivement les deux cas possibles : l'objet sur lequel on dirige l'attention est plus près de l'observateur que le point de rencontre des axes optiques, et dans le second cas il est plus loin.

La figure III (Pl. III) nous servira dans les deux cas.

Les axes optiques se coupent en *b* et l'on porte son

attention sur le point radieux *k*, que nous supposons être d'un certain diamètre.

Si, tout en conservant les axes optiques dans la même direction on ferme l'œil gauche, par exemple, le corps *k* empêchera de distinguer tous les objets du champ visuel de l'œil droit, contenus dans le cône C' *kk'*; le corps *k* se projettera dans la direction C' *k*.

Or pour l'œil droit le point *k* est dit à gauche de *b*, lieu d'intersection des axes optiques, puisque l'angle α est compté de droite à gauche à partir de la direction de l'axe optique C' *b*.

Cette disposition, parfaitement la même pour les deux yeux, explique l'alternance des images par rapport aux yeux dans ce cas et le fait qu'en fermant l'œil gauche, c'est l'image de gauche qui persiste.

Changeons maintenant les données de l'expérience en considérant le point *a* situé plus loin de l'observateur que *b*, lieu d'entre-croisement des áxes optiques.

Il faut bien préciser, pour éviter tout équivoque, ce que nous appellerons image de gauche et image de droite.

Pour l'œil droit, tout corps situé à droite d'un plan vertical passant par C' *bb''* formera une image que nous verrons à droite du point *b* et que nous nommerons image de droite.

Pour l'œil gauche tout point situé à gauche d'un plan vertical passant par C *bb'* formera une image dite image de gauche. Ces prémices sont importantes à établir, car elles nous donneront la clef d'une illusion curieuse et dont on ne peut se rendre compte que par l'expérience.

Le corps *a* cachera pour l'œil droit tous les objets situés dans le cône C' *aa'*, qui fait un angle γ compté de

gauche à droite avec l'axe optique C' *bb''* ; sa projection sur le champ visuel formera donc une image de droite.

L'image du corps *a* dans l'œil gauche se projettera par cet organe dans la direction C *aa''* qui fait un angle *θ* compté de droite à gauche à partir de l'axe optique C *bb'*, ce sera donc une image de gauche.

Dans ce cas, par conséquent, les images sont homologues par rapport aux yeux ; mais ce qu'il y a de curieux dans ce phénomène c'est que tous les objets du champ visuel sur lesquels se projette le cône C' *aa'*, image de droite, sont physiquement plus à gauche que ceux sur lesquels se détache la projection de C *aa''*, image de gauche.

On peut facilement s'en convaincre en arrêtant les regards par une paroi, et en conduisant le doigt de l'extrémité gauche à l'extrémité droite, le doigt commence par passer sur l'image de droite, ainsi que le prouve la fig. III.

2° *Passons maintenant à l'explication de la transparence des images doubles.*

Elle se tire aisément de toutes les expériences que nous avons décrites dans le chapitre précédent.

En effet la transparence des images doubles ne se remarque que lorsque les deux yeux sont ouverts ; par rapport à l'œil droit l'objet considéré cache une partie du champ visuel vue par l'œil gauche ; l'œil droit reportera donc dans la même direction une image d'illusion qui donnera à l'objet l'apparence d'une transparence parfaite. C'est à peu de chose près notre première expérience représentée dans la figure I.

L'œil droit, de son côté voit une portion du champ visuel qui formera une image d'illusion reportée par l'œil gauche sur l'objet interposé, de telle sorte que pour les

deux yeux les deux images seront vues transparentes.

Pour s'en rendre compte expérimentalement, on n'a qu'à regarder un point contre le panneau de la chambre et mettre l'index devant les yeux à 10 ou 15 centimètres de la figure ; les deux images sont très-distinctes et leur transparence évidente.

Avant de passer à l'explication des autres phénomènes de la vision binoculaire, nous exposerons la loi qui limite la transparence illusoire dans le cas le plus ordinaire où les axes optiques se coupent au delà de l'objet considéré.

1° *Toutes les fois qu'un objet est vu double et que les deux images perçues n'ont aucun point commun, les deux images ont en totalité l'apparence d'une transparence parfaite.*

2° *Si au contraire les deux contours se rencontrent et pénètrent l'un dans l'autre (ce qui est toujours le cas pour des objets un peu larges) tous les points communs aux deux images deviennent opaques, laissant transparentes les parties non communes.*

La première loi trouve sa vérification dans l'expérience que nous venons de citer, où tout en regardant un point au fond de la chambre on place près des yeux l'index de manière à faire naître deux images transparentes.

Il y a cependant dans le champ visuel tout une partie absolument invisible, c'est celle qui se trouve immédiatement derrière le doigt et qui n'envoie aucun rayon lumineux dans les yeux vu sa position ; *malgré cela le sensorium n'a aucune conscience de cette lacune présentée dans le champ visuel,* de cet espace, capable de contenir des corps lumineux, et qui pourtant n'exerce aucune influence sur le système nerveux.

En effet, comme on reportera dans toutes les directions possibles des impressions visuelles, soit réelles, soit d'illusion, tout le système nerveux optique paraîtra en action, et en vertu de l'extériorité de nos sensations, nous remplirons tout le champ du regard. Ainsi, malgré l'interposition du doigt, tout l'espace compris entre les yeux et le fond de la chambre paraîtra vu en entier.

Ce phénomène a une haute importance physiologique, il démontre de la manière la plus évidente cette proposition trop longtemps discutée, c'est que toutes nos notions, toutes nos idées sur le monde extérieur proviennent exclusivement des modifications physiques et chimiques qui s'opèrent dans la profondeur de nos organes sensoriels, sous l'influence de l'action mécanique des corps avec lesquels nous sommes en contact. La vue comme les autres sens, nous modifie, fait éprouver aux éléments cérébraux des mouvements difficiles à caractériser, mais dont l'existence nous est démontrée. Si par une cause quelconque mais interne, une modification semblable se produit dans notre cerveau, aussitôt nous *voyons* réellement, avec la même certitude que si les sensations lumineuses provenaient du dehors. Les hallucinations de gens malades, le délire, les rêves et tous les phénomènes de transparence illusoire de la vision binoculaire s'accordent pour démontrer cette loi capitale.

Passons maintenant au cas où la transparence des images doubles est limitée.

Nous ne pouvons pas donner la discussion complète du problème au point de vue mathématique car ce n'est ici qu'un court résumé, aussi nous nous bornerons à prendre un exemple et à indiquer la marche à suivre.

Voici les conditions dans lesquelles nous faisons l'ex-

périence (Pl. III, fig. IV). Nous supposons les deux axes optiques AX, AY parallèles. Le regard est limité par le plan vertical P.

Nous introduisons devant les deux yeux deux écrans MN et RQ que nous choisissons tels que MN soit un peu plus large que AB (distance des centres optiques) et RQ un peu plus petit, afin de considérer simultanément les deux cas.

Menons par A les quatre rayons lumineux AMG, ANH, ARE, AQF, puis par B les quatre rayons correspondants, c'est-à-dire ceux qui passent par le centre optique B et les points identiques correspondants à ceux qui sont impressionnés dans l'œil gauche, soient : BG', BH', BE' et BF'. Traçons maintenant les rayons BMC, BND, BRI, BQK qui pénètrent dans l'œil droit; figurons également les rayons correspondants de l'œil gauche : AC', AD', AI' et AK'.

Cette construction nous permettra de limiter sur les deux écrans la portion qui paraîtra transparente.

L'œil droit voit le plan P à droite de BK dans toute l'étendue du champ visuel à partir de cette limite ; l'œil gauche, par conséquent, reportera une image d'illusion provenant du plan P à droite de AK', il en résulte que pour l'œil gauche l'écran RQ paraîtra transparent en entier.

L'œil gauche voit tout le plan P à gauche de AMG, le droit entériorisera de même une image d'illusion sur la partie de l'écran MN comprise entre M et δ, car δ est le point où le rayon correspondant BG' vient percer l'écran MN.

Ainsi que le montre la figure, sur l'écran MN les portions Mα et Nδ vont affecter dans les deux yeux des

points correspondants (α étant le point de rencontre du rayon correspondant AD′ avec l'écran).

Il en résulte que les deux yeux étant affectés dans cette direction d'impressions pareilles, provenant du corps interposé devant le plan P, fusionneront ces impressions en une seule, ce qui donnera naissance à la vision simple binoculaire et supprimera l'illusion de transparence.

Wheatstone par ses expériences a montré que ces deux impressions fusionnées en une seule donnaient la sensation d'un seul objet reporté à l'intersection des axes optiques; dans le cas qui nous occupe, l'écran M N paraîtra opaque sur une très-petite portion, d'une largeur égale à $N\delta = M\alpha$ que l'on verra dans une direction intermédiaire, soit celle d'un point situé à l'horizon.

Dans une direction différente du champ visuel, on aperçoit une autre image opaque qui est formée de la superposition d'impressions lumineuses provenant l'une de l'écran M N et l'autre de l'écran R Q. Cette image sera évidemment opaque puisque le plan P n'est plus visible, et que les points correspondants des yeux sont affectés de sensations semblables. Cette image opaque, qui, dans la figure, soustend un angle égal à $RBQ = \beta A \lambda$, sera reportée comme la précédente dans une position intermédiaire par rapport aux deux parties des écrans qui lui donnent naissance; elle semblera jaillir entre ces deux écrans et maintenue en l'air sans soutien apparent; à gauche et à droite on voit en effet des zones transparentes.

On se rend très-aisément compte de cette illusion en regardant un objet à une certaine distance, puis en mettant les deux mains à la hauteur des axes optiques de manière que le plan des mains coïncide avec le plan des axes. Si l'on rapproche peu à peu les deux mains l'une

vers l'autre par un mouvement symétrique, on voit tout à coup entre deux zones transparentes un point opaque formé par la superposition des images provenant des deux mains.

Ce point opaque est reporté dans une situation intermédiaire entre les deux mains, et sa formation s'explique par notre figure IV.

Ainsi, en récapitulant l'essentiel de cette discussion, voici quelles seront les sensations visuelles perçues dans l'exemple que nous avons choisi :

A l'extrême gauche, on voit une partie du plan P vue binoculairement; à droite se montre une image transparente provenant du corps MN et du plan P, puis une image opaque suscitée par les deux parties $M\alpha$ $N\delta$ de l'écran MN, plus à droite apparaît une image transparente à la suite de laquelle on voit la seconde image opaque émanant des deux écrans, enfin suit une dernière image transparente sur l'écran QR; à l'extrême droite, le plan P se revoit binoculairement.

Comme nous ne pouvons pas nous étendre ici sur des questions plutôt mathématiques que physiologiques, nous terminerons ce sujet par l'énoncé de la règle à suivre pour limiter sur un corps placé devant les yeux, les parties qui seront vues transparentes.

Dans l'épure, on représente les yeux et le corps considérés dans leurs deux projections, puis on mène tous les rayons lumineux passant par les deux centres optiques et tangents au corps. Pour chaque œil on a ainsi un cône différent dont on connaît les génératrices. Les parties du corps opaques sont celles qui, étant comprises dans ces deux cônes, émettent des rayons correspondants dans les deux yeux, c'est-à-dire, vont frapper les points identiques.

Toutes les autres parties sont vues transparentes.

3° Abordons maintenant cette objection capitale contre la doctrine des points identiques, tirée de la perception du relief; nous allons montrer que, loin de réfuter cette théorie, elle la confirme d'une manière complète.

Tous les physiologistes sont d'accord à reconnaître que la sensation du relief provient essentiellement de la différence des deux images rétiniennes perçues dans les deux yeux. Or cette différence, si importante, si essentielle, comment la percevons-nous suivant les partisans de la théorie empiristique? de la même manière que nous percevons par le toucher les différentes parties d'un corps; seulement, disent-ils, le sens de la vue est bien plus délicat que celui du toucher, et permet de saisir les plus petites dissemblances des tableaux rétiniens, et de les analyser.

Nous avons démontré, dans un chapitre précédent, que lorsqu'il s'écoule un quart de seconde entre les deux images qui viennent impressionner les deux yeux, l'impression de relief ne se fait plus sentir. Nous allons maintenant compléter ce sujet en prouvant que c'est par la liaison anatomique des points identiques que la perception de la différence des tableaux rétiniens est possible.

Je suppose un observateur placé devant un corps de formes variées, et assez près pour que les images perçues par chaque œil soient bien distinctes l'une de l'autre, voici ce qui va se passer :

L'image perçue par l'œil gauche excite la formation d'une image d'illusion dans l'œil droit; cette image sera par conséquent identique à la première. Mais l'image réelle perçue par l'œil droit, en suscitera une également dans l'œil gauche, et ces deux images dans chaque œil,

l'une réelle, l'autre d'illusion, seront des images stéréoscopiques.

Une construction géométrique bien simple nous montre ainsi quatre images identiques deux à deux.

Dans chaque œil il y a simultanément une image réelle et une image d'illusion. La différence entre ces deux images est la même dans chaque œil, elle est parfaitement identique, et se peint sur des points correspondants.

C'est maintenant que les phénomènes de mémoire et d'habitude vont jouer le rôle essentiel pour *l'interprétation* de cette différence des images rétiniennes, si nettement sentie et perçue, grâce uniquement à la disposition anatomique.

Nous voyons que cette différence est d'autant plus marquée, que les objets sont près de nous, qu'elle est très-faible pour ceux qui sont un peu loin, qu'elle varie suivant leur orientation, etc., etc.; à ces indications se mêlent les contrastes d'ombres et de couleur d'un effet très-puissant pour la perception complète du relief.

Voilà l'éducation sensorielle par laquelle le jeune enfant passe, sans s'en douter, et que reçoivent également les aveugles de naissance qui interprètent, après l'opération, leurs premières sensations visuelles.

Cela peut encore mieux se prouver en prenant un exemple :

Je suppose que le corps considéré est tourné de telle sorte que sa face antérieure soit un plan normal à celui des axes optiques et à la direction du regard, tandis que les parties latérales sont fuyantes. Dans la fig. V (Pl. III) nous représentons une pyramide tronquée; les axes optiques se coupent dans le plan antérieur de la pyramide.

Cette condition nous montre que le triangle du sommet

produira, dans les deux yeux, deux images qui affecteront des points identiques; mais il n'en sera plus de même du triangle de la base, lequel est situé plus loin que l'entrecroisement des axes optiques, il affectera, dans les deux yeux, des points non-correspondants; les traits pleins de la figure représentent l'image réelle perçue par chaque œil, et les traits pointillés sont la représentation des images d'illusion.

Dans les deux dessins A et B, la différence des traits pleins et pointillés est rigoureusement identique, et doit l'être en vertu même de la manière dont les images sont formées.

Si l'on fusionne en une seule image ces quatre contours, en faisant passer l'axe optique de l'œil gauche par le centre du dessin A, et l'axe optique droit par le dessin B, on éprouve instantanément l'impression du corps lui-même, et l'on voit qu'en effet les traits pointillés sont recouverts par les traits pleins dans l'image binoculaire, ce qui confirme notre déduction.

Pour le triangle du sommet qui produit des images identiques, nous jugeons qu'il est une surface plane; pour les parties latérales, au contraire, plus les dessins pleins et pointillés diffèrent, plus leur relief s'accuse et se prononce.

Ainsi, pour augmenter l'intensité du relief, la seule règle à suivre est d'augmenter la différence entre les deux images rétiniennes, et, pour cela, de diminuer la distance qui nous sépare de l'objet; nous le faisons d'une manière tout instinctive.

La figure V nous servira également à démontrer une remarque importante, c'est que la sensation du relief n'entraîne pas la vision simple de l'objet dans sa totalité, mais seulement des points où se dirige spécialement notre regard.

Dans la partie voisine des sommets sur notre figure V, il est difficile de distinguer nettement les traits pleins des traits pointillés; dans la vision naturelle il en est de même, on ne peut pas préciser, d'une manière parfaitement claire, où commencent les images doubles et où s'arrête la vision binoculaire simple. Pour les parties un peu distantes, le doute ne devient plus possible.

L'explication que nous venons de donner du relief, entraîne forcément comme condition la présence simultanée des impressions lumineuses sur les deux rétines, car, autrement, nous ne pourrions apprécier la différence des images perçues que par l'action de la mémoire décidément trop faible.

Cette conclusion a été démontrée en accord avec l'expérience.

Le mécanisme du relief ainsi établi, n'exclut nullement les causes qui augmentent en nous son intensité. Les lois qu'en a données M. Helmholtz, admirablement développées par ce savant émérite, restent d'accord avec notre théorie et avec les faits, et nous montrent combien de choses concourent simultanément à ce travail mi-organique, mi-psychique de la détermination complète du relief des objets.

4° Avant de passer à l'explication des autres phénomènes de la vision binoculaire, je tiens à relever un fait qui pourrait introduire une erreur si on n'y prend garde. On cite, dans plusieurs ouvrages, des expériences dans lesquelles des impressions tombant sur des points identiques, ne sont pas fusionnées et donnent naissance à deux images. Tantôt ce sont deux fortes lignes noires et deux lignes fines qu'il faut associer, de manière à voir la ligne noire sur la ligne fine dans chacun des yeux, tantôt

ce sont de petites croix noires tracées sur des fonds différemment colorés et que l'on doit dissocier alors même qu'elles affectent des points identiques.

Je dois dire que j'ai refait ces expériences avec le plus grand soin, et que j'ai ressenti les impressions décrites, mais chaque fois je constatais que la direction des axes optiques n'était pas celle que l'on supposait; lorsque, par des moyens auxiliaires, je rendais la direction des axes parfaitement invariable, *jamais* je n'ai pu obtenir aucun résultat. Il m'a toujours été impossible de fusionner deux impressions lumineuses ne tombant pas sur des points correspondants, ou de dissocier des images affectant des points identiques.

Ce fait est fort essentiel à établir.

5° Le docteur M. J.-L. Prevost, connu par ses expériences de physiologie, a trouvé un procédé qui facilite extrêmement les dessins de préparations micrographiques, dans l'emploi de la chambre claire de Hartnach, il est basé entièrement sur la projection des images d'illusion. Lorsque l'œil droit, par exemple, est au-dessus du petit prisme de la chambre claire, il est quelquefois difficile pour certains opérateurs de suivre par ce même organe simultanément les objets au foyer du microscope et la pointe du crayon.

M. Prevost consacre son œil droit uniquement au microscope, tandis qu'il garde l'œil gauche ouvert et voit par la gauche son papier et son crayon. L'image réelle de droite se projette en image d'illusion par l'œil gauche sur le papier, et alors très-facilement on en trace les contours

Ce procédé, aussi exact que celui qu'on emploie ordinairement, présente l'immense avantage de permettre une grande rapidité dans l'exécution graphique et supprime toute fatigue.

M. Prevost a eu la complaisance de refaire toutes les expériences que nous avons décrites ici, et une foule d'autres que le peu de place nous empêche d'exposer, et a obtenu les mêmes résultats.

Les seules expériences qui diffèrent passablement, suivant les expérimentateurs, sont celles qui ont rapport à la fusion des couleurs en une couleur complémentaire. Dans une prochaine publication, nous les décrirons en montrant l'accord qui règne entre elles et la théorie des points identiques.

V

Dans tous les chapitres précédents, nous avons considéré la définition des points correspondants comme l'expression exacte de la réalité ; pour que la méthode scientifique que nous avons suivie ne soit pas en défaut, il faut appuyer ce postulat sur des preuves expérimentales.

Tel a été le but de nos recherches.

Nous n'exposerons ici que la méthode employée, en passant rapidement en revue les principaux résultats.

L'importance de la situation relative des points identiques dans la *fovea centralis* et la *maculuta lutea* est trop considérable pour ne pas attirer toute l'attention sur les procédés de leur détermination.

MM. Helmholtz et Wolkmann cherchent à déterminer la position des méridiens et des horizons rétiniens par l'emploi de deux disques blancs, traversés d'un diamètre noir.

On fixe un des disques et l'on fait tourner l'autre jusqu'à ce que, par la fusion des images binoculaires, les deux diamètres soient confondus en un seul.

Cette méthode présente de graves inconvénients et c'est cependant la seule employée.

D'abord elle part d'une idée préconçue, c'est que tous les points identiques de deux méridiens correspondants doivent se trouver dans un même plan. Rien ne nous en avertit *a priori*.

Il est aussi très-difficile de déterminer avec exactitude le moment et le lieu où deux traits, qui sont d'une certaine épaisseur, se fusionnent complétement; une erreur de fraction de degré est presque inévitable.

Pour éviter autant que possible ces deux écueils, voici la méthode nouvelle que nous avons suivie :

Nous avons commencé par déterminer exactement la distance qui sépare nos deux centres optiques. Pour cela on fixe le regard sur un point éloigné dans une direction perpendiculaire à un carreau de vitre. Contre cette vitre on applique une règle graduée et on tient le bord de la règle presque au niveau du plan des axes optiques.

Entre le pouce et l'index on tend un fil délié, puis on le fait passer sur la règle graduée. Un aide lit la graduation marquant la position où le fil semble, pour l'œil gauche, couper le point de mire en deux, on transporte la main à droite où de nouveau le fil traverse par la moitié le point visé.

La distance qui sépare ces deux positions est rigoureusement égale à l'écartement des axes optiques et des deux *fovea*. Il va sans dire que la tête de l'observateur reste fixe et appuyée pour empêcher tout mouvement pendant l'opération.

Cela fait, nous traçons sur une feuille de carton deux systèmes de coordonnées rectangulaires parallèles entre eux, les deux origines étant à une distance l'une de l'autre égale à l'écartement des centres optiques, ainsi mesuré.

A l'extrémité d'une table est placée verticalement la

feuille de carton préparée; à l'autre bout et derrière la tête de l'observateur se trouve une lampe qui éclaire fortement.

Pour opérer, on fusionne les deux origines en une seule; deux projections stéréoscopiques d'un petit cube donnent l'impression du relief pendant l'image binoculaire et facilitent l'immobilité des axes optiques. Pendant ce temps un aide, de l'autre côté de la table, tient dans sa main un fil métallique noirci, terminé par une toute petite ampoule très-polie et luisante. Il la place contre la feuille de carton à l'intersection de deux coordonnées et l'y laisse. Dans son autre main il tient un fil identique qui obéit dans ses mouvements à l'ordre de l'observateur; celui-ci guide cette espèce de petit fanal jusqu'à ce que les impressions lumineuses provenant des parties polies soient entièrement fusionnées. On lit alors les coordonnées de l'indice mobile et on les compare avec celles de l'ampoule fixe.

Les avantages de cette détermination des points correspondants consistent dans l'exactitude scrupuleuse des résultats et la simplicité de la méthode.

On remplace des lignes obscures par des points lumineux, points qui peuvent être aussi petits qu'on le désire.

On peut de cette manière étudier dans toutes ses parties le champ visuel.

On recommencera des expériences analogues pour différents angles de convergence des axes optiques, on détermine ainsi l'angle de rotation du globe de l'œil pendant ce mouvement de convergence.

Les formules de trigonométrie rectiligne et sphérique permettent de trouver des expressions générales de réduction.

Voici les résultats que nous avons obtenus en maintenant les axes parallèles :

Les coordonnées très-finement tracées de 5 en 5 millimètres n'étaient plus du tout visibles à 75 centimètres, distance à laquelle se trouvaient les yeux de l'observateur.

Pour les parties de la rétine voisines de la *fovea centralis* et qui étaient excitées par des points compris sur la feuille de carton dans un cercle de 5 centimètres de rayon autour des origines, les différences entre les coordonnées de l'ampoule fixe et de l'ampoule mobile ont été au plus de 1 millimètre.

Or à la distance de 75 centimètres c'est tout au plus si l'on distingue deux points séparés par $^1/_4$ de millim.

Les petits cubes représentés en projections stéréoscopiques avaient 2 millimètres de côté, il est donc possible que la différence si faible trouvée entre les coordonnées des deux ampoules, provienne d'un léger mouvement des axes optiques qui entraînerait un petit déplacement dans l'ampoule mobile.

Les points situés hors du cercle de 5 centimètres de rayon, à partir de l'origine, sous-tendent par rapport aux axes optiques un angle de plus de 4 degrés; aussi sont-ils vus avec moins de netteté; mais on peut encore facilement avoir des indications exactes. Les plus grandes différences trouvées pour les points contenus dans un rayon de 16 centimètres, furent de 2 millimètres.

La superposition des images lumineuses devient impossible pour la partie du champ visuel où se projette la tache obscure, le *punctum cæcum*. Il n'y a alors qu'une seule ampoule de visible par un œil, et on ne projette par l'autre œil aucune image d'illusion. Il y a donc une partie des deux rétines où les points ne sont pas correspondants.

On ne peut pas éprouver la sensation du relief, pour les corps qui viennent se peindre sur ces parties symétriquement situées dans les deux rétines, mais qui ne sont pas anatomiquement liées entre elles.

Pour les portions tout à fait périphériques des rétines, la vision est pâle et peu distincte, les erreurs possibles sont assez grandes, et nous avons constaté des différences de 5 millimètres. En refaisant ces expériences plusieurs fois, nous avons trouvé des résultats concordants, mais les signes des différences variaient; ce fait montre que la seule quantité essentielle est la distance absolue elle-même qui mesure la différence des coordonnées des deux ampoules brillantes.

On peut en conclure que les éléments nerveux des parties périphériques de la rétine ont un diamètre supérieur à ceux de la *fovea*.

Cette recherche directe des points correspondants prouve qu'ils sont réellement symétriquement placés dans les yeux, c'est-à-dire qu'ils ont les mêmes coordonnées si on les rapporte à deux systèmes d'axes parallèles ayant chacun leur origine au centre optique.

Nous avons communiqué ces résultats à M. le professeur Cellérier, qui a eu l'obligeance de déterminer, sur ces données, le lieu horoptérique et d'en faire la discussion complète dans tous les cas possibles.

Nous publierons plus tard, dans son entier, ce remarquable travail mathématique que nous devons au savoir de notre éminent professeur.

Avant de tirer les conclusions finales qui ressortent des faits que nous venons d'exposer, nous désirons appuyer encore sur deux points importants.

Le premier est le résultat des recherches de M. E.

Hering, sur les mouvements coordonnés des deux yeux ; il montre, par de nombreuses expériences, que dans une situation quelconque du regard, il y a un rapport constant entre l'accommodation du cristallin et la contraction des muscles antagonistes des yeux. Le système nerveux, moteur des deux yeux, a des centres d'inervation communs. Ce fait est déjà une réponse à ceux qui soutiennent, d'une manière exclusive, la théorie empiristique.

Le second point que nous voulons envisager, est un accident pathologique assez rare, mais observé d'une manière complète, et dont nous avons nous-même vu un cas remarquable dans la clynique de M. Marc Dufour, oculiste chef de l'établissement des aveugles de Lausanne.

Il arrive quelquefois qu'un strabique est opéré pour ramener les yeux dans leur position normale. L'opération faite, il se trouve que le malade est affecté de diplopie et voit double tous les objets. Pour le guérir, on doit lui faire subir une seconde ténotomie qui ramène les yeux dans leur premier état, le patient est de nouveau strabique, mais il jouit de la vision simple binoculaire.

On s'est servi de cette anomalie, appelée incongruence des rétines, comme d'une arme puissante contre la théorie nativistique; il est cependant certain qu'elle n'est qu'un argument de plus en sa faveur.

Dans les annales de la clinique de M. Græffe, tous les cas d'incongruence des rétines ont été signalés chez des strabiques de naissance, et il n'y a pas d'exemple que des personnes frappées accidentellement de strabisme aient subi cette modification dans l'appareil visuel.

Les partisans de la théorie empiristique assurent que l'habitude joue un rôle essentiel dans la vision binocu-

laire simple, puisque, dans les cas d'incongruence des rétines, il y a fusion d'impressions lumineuses là où elles n'affectent pas de points correspondants.

C'est cette base du raisonnement que nous contestons. Est-on sûr que, dans ces cas bizarres, l'incongruence des rétines soit la suite et la conséquence du strabisme ? pourquoi ne voit-on pas alors l'incongruence se retrouver chez tous les strabiques ?

N'est-elle pas plutôt la *cause* du strabisme, puisque jamais on ne l'a signalée sans cette affection, et que c'est en opérant le strabisme qu'on s'en est aperçu.

La rétine, ainsi que tous les organes du corps, est sujette à des accidents fortuits qui modifient son développement.

Un déplacement latéral de la rétine n'a rien de plus étonnant que la déviation de la colonne vertébrale ou toute autre difformité.

VI

Il nous faut maintenant appuyer sur les conclusions qui découlent de la méthode expérimentale que nous avons suivie, basée sur l'hypothèse de la théorie nativistique.

L'accord complet entre les déductions théoriques et les résultats de l'expérience constitue la synthèse de l'hypothèse et la vérifie.

Nous sommes donc fondés en affirmant que deux points identiques sont anatomiquement liés entre eux et qu'ils fusionnent en une seule impression les images qui viennent s'y peindre.

Du reste, la divergence d'opinion qui sépare les partisans des deux théories, perd beaucoup de sa valeur si

l'on embrasse d'un coup d'œil général l'ensemble des êtres et leur développement successif.

Le célèbre physiologiste hollandais Donders expose ses idées, à cet égard, d'une manière remarquable dans un récent mémoire.

Intimement convaincu des modifications progressives qui se sont manifestées dans les êtres vivants, Donders cherche à en expliquer les causes et à en développer les effets. Il arrive à ce résultat général et universel, c'est que chaque fois qu'un être, par suite de circonstances quelconques, volontaires ou fortuites, est appelé à répéter souvent le même mouvement, à percevoir fréquemment les mêmes impressions et à tendre vers un but déterminé, il aura des descendants plus aptes que les autres à remplir ces mêmes fonctions. L'organisme de ces êtres provenant du type premier est changé, modifié par la différence des tendances et des milieux où ils vivent, voilà le fait capital.

Un mouvement qui chez le père était uniquement volontaire, tendra à devenir habitude chez le fils; plus tard ce mouvement s'accentuera encore davantage, et dans les générations suivantes deviendra presque une nécessité et une condition d'existence.

Or, appliquons cette loi à la vision binoculaire, et voyons en somme à quoi se résout le différend entre les partisans des théories nativistique et empiristique. Les uns disent :

Il y a des points correspondants dès la naissance de l'enfant, et l'habitude n'a aucune influence; les autres soutiennent que la correspondance des points identiques n'est produite que par l'habitude.

Au commencement de l'espèce humaine, admettons

que les partisans de la doctrine empiristique eussent totalement raison, à force de fusionner de plus en plus les images qui affectent les points correspondants, ils en prennent l'habitude. Cette habitude se perpétue de générations en générations, s'accroît, s'augmente, agit sur la structure anatomique de l'appareil de la vue et forme le chiasma, l'entre-croisement des fibres nerveuses, et modifie puissamment la position relative des yeux ; en un mot, cette tendance agissant pendant des siècles, a fait que la disposition organique s'est prêtée de plus en plus à la fonction qu'on lui faisait remplir.

Par l'hérédité, le jeune enfant a déjà tout ce qu'il faut pour associer de suite en une seule image les impressions lumineuses qui affectent des points correspondants.

Ces deux grandes théories ont donc beaucoup plus de rapport qu'il ne semble au premier abord, mais il faut les dépouiller du caractère étroit qu'on leur a donné, et envisager la question d'une manière générale, dans l'ensemble des êtres qui ont vécu auparavant, et qui ont légué à notre humanité sa forme actuelle.

Telles sont les conclusions qui terminent le contenu de ce mémoire, dont nous n'avons donné qu'un court résumé.



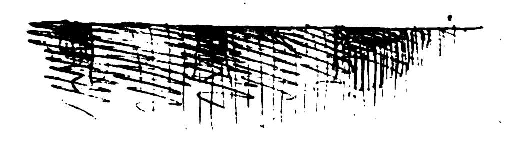


Fig. II.

RECHERCHES ANALYTIQUES
SUR LES ROCHES
SOUS LE POINT DE VUE
DE LEURS PRINCIPES ABSORBABLES PAR LES VÉGÉTAUX

PAR

M. CONSTANT KOSMANN
Docteur ès sciences

Les substances organiques nécessaires aux plantes pour leur évolution complète, sont disséminées dans les roches formant la charpente du globe. C'est sous ce point de vue d'utilité que j'ai, depuis 1865, exécuté une série d'analyses chimiques, dans le but spécial de rechercher et de doser ces substances, afin de constater une fois de plus, que le règne inorganique fournit au règne organique tout ce que celui-ci peut exiger en principes minéraux, pour arriver au point culminant de son développement, qui est la production de la semence. Ces principes minéraux sont surtout le phosphate de chaux, la potasse, la soude, l'oxyde de fer, etc.; c'est pour les rechercher que j'ai fait ce travail. Je fus assez heureux pour constater la présence de l'acide phosphorique dans presque toutes les roches porphyriques, syénitiques, granitiques, dans la grauwacke métamorphique, dans tous les calcaires des terrains jurassiques et triasiques. Les quantités d'acide phosphorique qui sont ainsi répandues dans les calcaires qui constituent les montagnes du Jura, et dans les terrains de transition qui forment une

partie des Vosges, sont énormément grandes; cependant elles sont perdues pour l'agriculture, en ce que personne n'a encore songé à les employer comme engrais. Les essais que j'ai faits dans ce dernier but, montrent que l'avenir leur réserve une belle place parmi les corps minéraux qui pourront servir d'amendement et d'engrais aux terres arables.

La méthode analytique que j'ai suivie est la suivante : Traitement de la roche finement pulvérisée et séchée, par l'acide sulfurique à 66° purifié, ou par l'acide nitrique pur à 40°, ou par l'acide nitro-chlorhydrique, digestion durant plusieurs jours, puis ébullition pendant 20 minutes; addition d'eau distillée, filtration, lavage du résidu insoluble s'il y en avait, dessication de ce résidu à 100° C., puis on le pesait. La solution nitrique était évaporée à siccité très-forte, le résidu, repris ensuite par l'acide nitrique dilué, laissait insoluble la silice qu'on pesait après lavage, et dessication à 100° C. La liqueur était complétée par l'eau distillée pour obtenir 40 centimètres cubes. On en prenait ordinairement 15 ou 20 centimètres cubes, contenant un poids déterminé de roche. On ajoutait de l'acide sulfurique pur, et ensuite de l'alcool, d'où précipitation de sulfate calcique qu'on lavait à l'alcool, séchait et calcinait; ce sulfate pesé donnait le poids de la chaux. La liqueur délivrée de la chaux était évaporée pour chasser l'alcool, on y ajoutait alors de l'ammoniaque et une solution de sulfate de magnésie, de chlorure ammonique et d'ammoniaque; il se formait un précipité d'oxyde ferrique et de phosphate ammoniaco-magnésien, on ajoutait de l'acide tartrique, on sursaturait d'ammoniaque, l'oxyde ferrique se redissolvait, et il restait du phosphate ammoniaco-magnésien; ce

précipité grenu était recueilli après vingt-quatre heures, sur un filtre, légèrement lavé et redissous dans un excès d'acide nitrique pur, on ajoutait au soluté quelques gouttes de solution d'acide tartrique et de l'ammoniaque, qui redonnait le phosphate ammoniaco-magnésien ordinairement blanc; s'il retenait encore une teinte jaunâtre, je le redissolvais une seconde fois dans l'acide nitrique en excès, et de nouveau je le reprécipitais par l'ammoniaque; enfin, le phosphate ammoniaco-magnésien était recueilli sur deux filtres égalisés sur la balance et placés l'un dans l'autre, on le lavait à l'eau distillée ammoniacale, on le séchait à la lampe d'huile et on calcinait chaque filtre à part, d'où formation dans l'un de pyrophosphate de magnésie, plus les cendres du filtre, et dans l'autre de cendres du filtre seulement. On obtenait ainsi le poids du pyrophosphate de magnésie qui me donnait le poids de l'acide phosphorique. Notons que l'acide phosphorique était constaté préalablement par le molybdate ammonique d'une manière qualitative ; et, de plus, on observait la correction indiquée par Frésénius, au sujet de la très-légère solubilité du phosphate ammoniaco-magnésien dans les eaux mères et de lavage. Une autre portion de la solution nitrique était privée de la chaux par l'acide oxalique, puis elle était évaporée et le résidu calciné fortement. Il consistait alors en oxydes ferrique, magnésique, potassique et sodique, et acide phosphorique; ce résidu était redissous dans l'acide nitrique, et la dissolution additionnée d'acide tartrique donnait par l'ammoniaque du phosphate ammoniaco-magnésien, lequel calciné, fournissait du pyrophosphate de magnésie, et donnait le poids de la magnésie. La dissolution délivrée d'une partie de la magnésie et de tout l'acide phos-

phorique, était évaporée à siccité, et le résidu calciné pour détruire les acides tartrique et nitrique, d'où l'on obtenait l'oxyde ferrique, la potasse, la soude et le reste de la magnésie; traitant ce dernier résidu par l'acide nitrique en excès, on avait une dissolution qui, par l'ammoniaque, donnait l'oxyde ferrique, qui était recueilli sur un double filtre, lavé et calciné avec addition de quelques gouttes d'acide nitrique; d'où son poids, après déduction des cendres du filtre; la dissolution privée du fer et renfermant la potasse, la soude et le reste de la magnésie était évaporée à siccité et le résidu calciné fortement, il restait les oxydes potassique, sodique et magnésique, on ajoutait de l'eau distillée qui laissait indissoute la magnésie qui, lavée et calcinée, puis pesée, donnait son poids; la potasse et la soude dissoutes converties en chlorures, étaient pesées sous cet état. On ajoutait du bichlorure de platine, on évaporait presque à siccité, on ajoutait de l'alcool qui laissait insoluble le chloroplatinate potassique, qu'on recueillait sur un double filtre pesé, qu'on lavait à l'alcool, séchait à 100° C. et pesait pour obtenir le poids de la potasse. La liqueur alcoolique retenant la soude avec l'excès de chlorure platinique, était évaporée à siccité, et le résidu calciné, il restait du chlorure sodique avec platine métallique, lequel restait insoluble par le traitement aqueux, tandis que le chlorure sodique se dissolvait et me donnait son poids, par l'évaporation à siccité, d'où je déduisais le poids de la soude.

N° 1. — Porphyre bleuâtre des environs de Schirmeck et d'Otrott (Vosges). Traitée par l'acide nitrique pur à 40°, cette roche desséchée m'a fourni en 100 grammes:

Acide phosphorique	1,958
Potasse	0,656
Soude	0,997
Magnésie avec trace d'oxyde de manganèse	4,058
Silice	non pesés.
Sesquioxyde de fer	non pesés.
Chaux	non pesés.

N° 2. — Une autre portion de la même roche, traitée par l'eau régale, m'a donné en 100 grammes :

Acide phosphorique	1,787	
Potasse	0,549	
Soude	1,007	
Magnésie	3,810 = CO^2MgO. 8,001	= 16,402 de dolomie.
Chaux	4,705 = CO^2CaO. 8,401	
Sesquioxyde de fer	9,093	
Silice	0,184	
Acide carbonique combiné à CaO et MgO	8,887	
	30,022	partie soluble dans l'eau régale.
	69,978	partie insoluble dans l'eau régale et qui forme un silicate d'alumine avec excès d'acide silicique.
	100,000	

La chaux et la magnésie y sont à l'état de carbonates, la potasse et la soude à l'état de silicates, l'oxyde de fer est combiné à l'acide phosphorique et à l'acide silicique.

N° 3. — Quatre autres analyses de la même roche m'ont donné en acide phosphorique, une moyenne de 1,994 pour cent. Il y existe toujours à l'état de phosphate ferroso-ferrique $=2PO^5, 4FeO, Fe^2O^3 = 7184$ pour cent ou 47,18 grammes par kilogramme, correspondant à 43,53 gr. de $PhO^5 3CaO$.

La roche est composée de feldspath oligoclase, d'amphibole ferrugineux, de dolomie et de vivianite.

N° 4. — Analyse d'une grauwacke métamorphique qui se trouve en galets roulés dans le lit mis à sec du torrent la Fecht près de Turckeim (Vosges). C'est une pâte d'oligoclase et de quartz, colorée en gris foncé par l'amphibole, avec paillettes brillantes de mica, non effervescente avec les acides. Cette roche est d'une très-grande dureté, elle sert de pavage aux rues. Finement pulvérisée et parfaitement séchée, elle présente une poudre grise, qui fut traitée pendant sept jours par l'acide sulfurique pur de 66°, puis, le mélange chauffé deux heures et demie. Elle a fourni en 100 gr. :

Acide phosphorique	1,430	à l'état de $2PhO^5, 4FeO, Fe^2O^3$.
Chaux..........	0,809	à l'état de silicates.
Magnésie	0,823	
Sesquioxyde de fer avec trace d'alumine.	7,882	à l'état de phosphate et de silicate.
Soude..........	0,398	à l'état de silicate.
Potasse.........	0,274	
Silice.	0,010	
	11,626	partie soluble dans SO^3HO.
	84,241	résidu insoluble dans SO^3HO, composé de silicate acide d'alumine et de chaux, plus du quartz.
	4,133	perte.
	100,000	

Cette roche a cédé à l'acide, 3,685 grammes de $2PhO^5, 4FeO, Fe^2O^3$ pour cent, et par conséquent 36,85 gr. par kilogramme, correspondant à 31,21 gr. $PhO^5, 3CaO$.

N° 5. — Analyse d'un schiste argileux noir-gris, tendre, du terrain carbonifère de la vallée de Kattenbach, près de Thann (Vosges). Traité après pulvérisation et dessication, par SO^3 HO pur, il a cédé à cet acide pour 100 grammes :

Alumine........	5,468	
Sesquioxyde de fer.	12,416	
Magnésie	1,742	
Potasse.........	0,496	
Soude..........	1,320	
Silice trace.		
	21,442	partie soluble dans SO^3,HO.
Le résidu gris-noir contient du charbon et pèse.........	78,558	partie insoluble dans SO^3HO.
	100,000	

Ce schiste a un aspect gris-jaunâtre foncé, ardoisé ; il est facile à pulvériser ; il se présente en feuillets facilement clivables, onctueux au toucher. C'est un silicate d'alumine, d'oxyde de fer, de magnésie, de potasse et de soude avec mélange de charbon ; il y a absence de chaux, d'acide carbonique et d'acide phosphorique. Le résidu insoluble est un silicate acide d'alumine charbonneux.

N° 6. — Analyse d'un porphyre bleuâtre syénitique, de la vallée de Kattenbach, près de Thann (Vosges). Il est formé de feldspath oligoclase et d'amphibole magnésien, ferreux, entremêlé de petits grains de carbonate calcique, avec phosphate ferroso-ferrique. 100 parties desséchées cédèrent à SO^3,HO pur :

Chaux carbonatée.	1,619	= chaux, 0,907.
Magnésie	7,759	à l'état de silicate.
Sesquioxyde de fer.	8,515	= 7,947 $(FeO)^4, Fe^2O^3$ (état sous lequel il existe dans la roche).
Acide phosphorique	0,676	à l'état de phosphate ferroso-ferrique.
Potasse.........	0,405	à l'état de silicates.
Soude..........	1,023	
Alumine, traces.		
	19,997	partie soluble dans SO^3HO.
	80,003	partie insoluble dans SO^3HO, formée de silicate acide d'alumine d'un blanc grisâtre.
	100,000	

L'acide y forme la combinaison $2PhO^5, 4FeO, Fe^2O^3$ du poids de 1,742 pour cent, équivalant à 1,4757 de phosphate tricalcique ou 14,75 gr. par kilogramme.

N° 7. — Analyse d'un porphyre syénitique gris-noir, de la carrière à la côte de Ste-Marie aux Mines (Vosges). Il est formé de silicates d'oxyde ferreux, de magnésie et de chaux (amphibole) et de silicates d'alumine, de soude et de potasse (oligoclase) avec phosphate ferroso-ferrique. 100 parties desséchées cédèrent à SO^3,HO pur.

Acide phosphorique	1,922	à l'état de 2 PhO^5, 4 FeO, Fe^2O^3.
Chaux..........	0,749	à l'état de silicate.
Sesquioxyde de fer avec un peu d'alumine	13,497	combiné à PhO^5 et à SiO^3, comme 4 FeO, Fe^2O^3.
Magnésie........	6,355	à l'état de silicate.
Potasse.........	0,315	idem.
Soude..........	0,603	idem.
	23,441	partie soluble dans SO^3HO.
	76,559	partie insoluble dans SO^3HO, et composée de silicate acide d'alumine blanc grisâtre.
	100,000	

Il y a 4,953 pour cent de $2 PhO^5, 4 FeO, Fe^2O^3$, ou 49,53 gr. par kilogramme correspondant à $PhO^5, 3CaO$ 41,95 gr.

N° 8. — Analyse d'une syénite amphibolique répandue en profusion, comme galets dans le sous-sol graveleux des environs de Neuf-Brisach. 100 parties desséchées, traitées par l'acide nitrique à 40° pur, lui cédèrent :

Silice	0,150	
Acide phosphorique	0,020	
Potasse	0,077	=0,648.
Soude	0,571	

Sesquioxyde de fer avec une trace d'alumine, environ 8 pour cent.

L'acide phosphorique y existe à l'état de phosphate ferroso-ferrique, dont il y a 0,0515 p. cent ou 0,515 gr. par kilogr. correspondant à 0,436 gr. de $PhO^5 3 CaO$.

Cette même syénite traitée par SO^3, HO pur lui céda pour 100 parties :

Potasse	0,616
Soude	0,755
	1,371

L'acide sulfurique exerce ainsi sur la syénite une action dissolvante bien plus grande que l'acide nitrique, car le premier a dissous 1,371 p. cent de potasse et de soude et le second seulement 0,648 p. cent dé ces alcalis.

N° 9. — Analyse d'un muschelkalk des environs de Landau (Palatinat), gris, conchoïde, renfermant l'*avicula socialis*. Desséché fortement, ce calcaire renferme en 100 parties :

Acide phosphorique	0,129
Magnésie	0,880
Potasse	0,274
Soude	1,196
Argile brune	6,000

Et à l'état de combinaisons salines :

Phosphate tricalcique (PO^5, 3 Ca O)	0,281
Carbonate de magnésie	1,848
Carbonate de potasse	0,403
Carbonate de soude	2,340
Argile brune	6,000
Carbonate de chaux avec un peu d'oxyde ferrique	89,128
	100,000

Absence de Cl H et de SO^3.

Il y a par kilogr. de roche 2,81 gr. de phosphate tricalcique, 4,03 gr. de CO^2KO et 23,40 gr. de CO^2NaO.

N° 10. — Analyse d'un calcaire jurassique jaunâtre, oolitique, appartenant au groupe de la grande oolite de l'étage bathonien du pays de Baden et renfermant :

un pentacrinites,
un ammonite,
ostræa deldoidea,
» virgula,
» gregaria,
» dilatata,
actæon (cylindrites) acutus.

Cent parties desséchées contiennent :

Acide phosphorique	1,728
Potasse	0,494
Soude	1,533

Et à l'état de combinaisons salines :

Phosphate tricalcique................	3,814
Carbonate potassique.....................	0,725
Carbonate sodique.......................	2,999
Carbonate calcique avec de très-petites quantités d'oxyde ferrique et de carbonate de magnésie.....	92,462
	100,000

Un kilogramme de ce calcaire, qui a servi aux expériences agricoles ci-dessous, contient 38,14 gr. de phosphate de chaux, 7,25 de carbonate de potasse et 29,99 de carbonate de soude.

N° 11. — Ce même calcaire oolitique pulvérisé et desséché, puis macéré et ensuite bouilli avec de l'eau distillée, lui céda pour 100 grammes :

Potasse...	0,02280	équivalant à	CO^2KO	0,03347
Soude....	0,06296		CO^2NaO	0,12318
	0,08576			0,15665

Un kilogramme cédera à l'eau 1,5665 gr. de carbonates de potasse et de soude.

N° 12. — Une chaux vive provenant de la calcination du calcaire précédent, parfaitement desséchée et traitée ensuite par l'acide nitrique pur, me donna : acide phosphorique 1,7716 pour cent, qui correspondent à phosphate tricalcique 3,8675 pour cent.

N° 13. — Cent parties de cette même chaux vive pulvérisée et desséchée, traitées par l'eau distillée, lui cédèrent outre la chaux :

Potasse...	0,02890	équivalant à	CO^2KO	0,04244
Soude....	0,07753		CO^2NaO	0,13256
	0,10643			0,17500

Un kilogramme de cette chaux vive cédera à l'eau 1,75 gr. de carbonates de potasse et de soude.

N° 14. — J'ai pris chaux vive non délitée et syénite amphibolique ci-dessus analysées, toutes deux pulvérisées, de chaque 2 grammes, et les ai fait bouillir ensemble avec de l'eau distillée à trois reprises, après une digestion préalable de vingt-quatre heures; la liqueur filtrée et les eaux de lavage réunies donnèrent en carbonates de potasse et de soude 0,006 gr., lesquels analysés par le Pt,Cl^2, donnèrent CO^2KO=0,00141, lesquels retranchés du mélange 0,006, donnent 0,00459 de CO^2NaO. Mais les 2 grammes de chaux vive cèdent à l'eau distillée suivant l'analyse précédente, 0,0035 gr. de CO^2KO+CO^2NaO; en retranchant ce nombre de 0,006, il reste 0,0025 de CO^2KO+CO^2NaO que la syénite a cédés à l'eau ou 0,125 pour cent. Cette expérience prouve que la chaux vive, agissant sur la syénite ou un granite quelconque, le décompose lentement, en fournissant une certaine quantité de carbonates alcalins assimilables par les plantes; dans l'expérience précédente, il y en aurait 150 grammes de fournis par 100 kilogrammes du mélange de syénite et de chaux vive.

N° 15. — Analyse d'un calcaire jurassique oolitique du massif de Mertzingen et Uberimsingen près de la Forêt-Noire, dans le pays de Baden. Ce calcaire est grisâtre, sans coquilles marines, avec cristaux rhomboëdriques très-petits de carbonate calcique. 100 gr. desséchés, traités par l'acide nitrique pur, m'ont fourni :

Acide phosphorique	0,48178
Magnésie	0,62190
Potasse......................	0,38310
Soude	2,77905
Sesquioxyde de fer............	0,24780
Chaux.......................	44,09897
Acide carbonique	38,72140
Matière argileuse jaune avec un peu de matière organique	12,66600
	100,00000

Ces éléments combinés entre eux donnent en 100 gr. :

Phosphate tricalcique	1,051
Carbonate de magnésie..........	1,289
Carbonate de chaux.............	78,748
Carbonate de potasse	0,562
Carbonate de soude	5,437
Oxyde ferrique................	0,247
Matière argileuse jaune avec un peu de matière organique	12,666
	100,000

Un kilogramme contient 10,51 gr. de phosphate de chaux, 5,62 de carbonate de potasse et 54,37 de carbonate de soude.

N° 16. — Une deuxième analyse d'un autre morceau du même calcaire m'a donné en 100 grammes :

Acide phosphorique 0,901 fournissant 1,966 de phosphate tricalcique, ou 19,66 gr. par kilogramme.

N° 17. — Analyse du calcaire jurassique oolitique de la colline sous-vosgienne du Blumenberg, derrière Colmar. 100 grammes desséchés traités par l'acide nitrique m'ont fourni :

Acide phosphorique	0,430
Sesquioxyde de fer.....	0,114
Chaux...............	54,300
Magnésie	0,236
Potasse..............	0,307
Soude...............	0,104
Acide carbonique......	43,654
Argile jaune	0,855
	100,000

Unis en combinaisons sous-salines, ces éléments donnent en 100 parties :

Phosphate tricalcique ...	0,9398
Sesquioxyde de fer.....	0,1140
Carbonate de chaux	96,9655
Carbonate de magnésie..	0,4954
Carbonate de potasse ...	0,4513
Carbonate de soude.....	0,1787
Argile jaune..........	0,8553
	100,0000

Un kilogramme contient 9,398 gr. de phosphate de chaux, 4,513 de carbonate de potasse, et 1,787 de carbonate de soude.

N° 18. — Analyse d'un calcaire jurassique oolitique d'une carrière des Vosges, derrière Colmar, servant de pierre de construction. Il est blanc jaunâtre et contient desséché en 100 grammes :

Acide phosphorique............	0,397
Sesquioxyde de fer............	0,799
Magnésie....................	0,235
Chaux......................	53,778
Potasse....................	0,219
Acide carbonique..............	43,090
Argile jaune avec trace de matière organique à odeur bitumineuse.	1,482
	100,000

Les bases étant combinées aux acides, ce calcaire des Vosges donne en 100 parties :

Phosphate tricalcique	0,868
Sesquioxyde de fer............	0,799
Carbonate de magnésie.........	0,495
Carbonate de chaux	96,034
Carbonate de potasse	0,322
Argile jaune avec trace de matière organique à odeur bitumineuse.	1,482
	100,000

On remarque pour les deux calcaires jurassiques sous-vosgiens précédents, des environs de Colmar, dans l'avant-dernier la quantité minime de soude et dans le dernier l'absence complète de cette base. En effet 1 kilogramme du dernier calcaire ne contient que 3,22 gr. de CO^2 KO et point de soude, mais il contient 8,68 gr. de Ph O^5, 3 Ca O.

N° 19. — Analyse d'un calcaire recueilli sur la colline le Letzenberg derrière Colmar, massif sous-vosgien.

Il est gris jaunâtre, conchoïde, répandant par la contusion une odeur bitumineuse, de même que par la dissolution dans l'acide nitrique. Les coquilles y sont très-rares; c'est un muschelkalk dont 100 parties désséchées contiennent :

Acide phosphorique	0,2886
Magnésie	0,5891
Sesquioxyde de fer.	0,7771
Chaux	50,9875
Potasse...........................	0,2637
Soude............................	0,2612
Acide carbonique	41,3596
Argile sablonneuse grise, rude au toucher.	5,4732
	100,0000

Les bases étant combinées aux acides, ce calcaire donne en 100 parties :

Phosphate tricalcique	0,6301
Carbonate de magnésie	1,2371
Sesquioxyde de fer	0,7771
Carbonate de chaux	91,0491
Carbonate de potasse	0,3868
Carbonate de soude	0,4466
Argile sablonneuse, rude au toucher	5,4732
	100,0000

1 kilogramme contient 6,301 gr. de $PhO^5, 3CaO$, 3,868 de CO^2KO, et 4,466 de CO^2NaO.

N° 20. — Analyse d'un muschelkalk, recueilli près de Westhalten, sur un massif sous-vosgien. Il est gris jaunâtre avec veines brunâtres; sans coquilles, à odeur bitumineuse par la trituration et la dissolution dans l'acide nitrique. 100 parties desséchées contiennent :

Acide phosphorique	0,5105
Magnésie	4,1452
Sesquioxyde de fer	1,6886
Chaux	44,6398
Potasse	0,3516
Soude	1,3977
Acide carbonique	41,3943
Argile grise, rude, sablonneuse	5,8723
Acide chlorhydrique, légères traces.	
	100,0000

Ce muschelkalk contient en 100 parties, bases combinées aux acides :

Phosphate tricalcique	1,1145
Carbonate de magnésie...........	8,7050
Carbonate de chaux	79,7142
Sesquioxyde de fer..............	1,6886
Carbonate de potasse	0,5158
Carbonate de soude	2,3896
Argile grise, rude, sablonneuse	5,8723
Chlorure de sodium, légères traces.	
	100,0000

Ce muschelkalk renferme 19,068 pour cent de dolomie. Un kilogr. contient 11,145 gr. de phosphate de chaux, 5,158 de carbonate de potasse et 23,896 de carbonate de soude.

N° 21. — Analyse d'un calcaire jurassique du mont Salève, au-dessus du lac de Genève, contenant une empreinte de *pecten lugdunensis.* Aspect blanc, à grain très-fin, sans oolites, fossiles d'une extrême rareté. Je crois qu'il appartient au terrain jurassique supérieur corallien ou peut-être même déjà au terrain crétacé inférieur. 100 parties de ce calcaire desséché m'ont fourni :

Acide phosphorique .	0,6459	
Magnésie	0,8162	
Protoxyde de fer....	0,9830	correspond à Fe^2O^3 1,0923
Potasse...........	0,4303	
Soude............	1,8375	
Chaux............	51,2505	
Acide carbonique	44,0366	
	100,0000	

Absence complète d'acide chlorhydrique, sulfurique et silicique.

A l'état de combinaisons salines il donne en 100 parties :

Phosphate tricalcique	1,4102
Carbonate de magnésie	1,7140
Carbonate de protoxyde de fer	1,5838
Carbonate de potasse	0,6312
Carbonate de soude	3,1418
Carbonate de chaux	91,5190
	100,0000

Un kilogramme de ce calcaire contient 14,102 gr. de phosphate de chaux, 6,31 de carbonate de potasse, et 31,41 de carbonate de soude.

Tous ces massifs des terrains jurassiques et triasiques sont des dépôts marins ; les animaux de ces mers, mollusques coquilliers, anthozoaires, échinodermes, bryozoaires, y ont laissé leur phosphate de chaux. Les chlorures de sodium et de potassium primitivement contenus dans les mers existant alors, furent par la suite des temps, au contact avec le carbonate de chaux, transformés en carbonates alcalins, qui sont restés par adhésion physique ou moléculaire, en combinaison avec le calcaire.

Le chlorure de calcium produit par ce double échange a disparu par les eaux de lavage, soit dans les profondeurs de la terre ou bien a coulé dans les bassins maritimes actuels.

Autre analyse d'un calcaire du mont Salève.

N° 22. — 9,42 grammes de ce second calcaire du Salève, finement pulvérisé et desséché, furent traités par 9,42 gr. d'acide nitrique pur (densité = 1,315). Je les laissai en digestion pendant 72 heures, ensuite je jetai la dissolution sur un double filtre pesé, je lavai à l'eau

distillée le résidu qui fut séché à 100° C. et pesé, j'obtins ainsi 5,8545 gr. en calcaire non dissous à cause de l'insuffisante quantité d'acide. Ce qui donne 62,149 pour cent. Ces 5,8545 analysés me fournirent :

Phosphate tricalcique	0,02678=0,012267 PhO^5
Carbonate de potasse.	0,03774
Carbonate de soude.........	0,07204
Carbonate de magnésie......	0,02407
Carbonate de chaux	5,68737
Crabonate de protoxyde de fer,	0,00650
Grammes	5,85450

N° 23. — La dissolution nitrique du calcaire, avec les eaux de lavage du résidu précédent, analysée me donna :

Chaux .... gr.	1,83647
Acide phosphorique...	0,00805
Magnésie..........	0,01098
Oxyde ferreux.......	0,01561=0,01734, oxyde ferrique.
Soude.............	0,03172
Potasse............	0,01589
	1,91872

Mais l'acide phosphorique était combiné à la chaux, et le reste des bases à l'acide carbonique, d'où nous tirons :

Phosphate tricalcique.....	0,01758
Carbonate potassique	0,02332
Carbonate sodique........	0,05423
Carbonate magnésique	0,02307
Carbonate calcique	3,27797
Carbonate ferreux........	0,02554
Grammes	3,42171

qui furent dissous par les 9,42 gr. d'acide nitrique.

Ce qui donne un poids total de grammes :

	5,8545	résidu,
	3,42171	dissous,
	9,27621	
	0,14379	perte,
Poids du calcaire employé..	9,42000	

Les 5,8545 gr. résidu réduits en 100 parties donnent :

Phosphate de chaux	0,45744
Carbonate de potasse	0,64474
Carbonate de soude...........	1,22989
Carbonate de magnésie........	0,41123
Carbonate de chaux	97,14558
Carbonate de protoxyde de fer...	0,11112
	100,00000

Et les 3,42171 gr. dissous, réduits en 100 parties, donnent :

Phosphate de chaux..........	0,51239
Carbonate de potasse	0,68257
Carbonate de soude...........	1,58047
Carbonate de magnésie........	0,67235
Carbonate de chaux	93,80789
Carbonate de protoxyde de fer ..	0,74433
	100,00000

Mon but, en faisant ces opérations, était de savoir s'il ne serait pas possible d'augmenter la proportion de phosphate de chaux dans le calcaire; espérant que la chaux carbonatée serait attaquée préférablement au phosphate calcique, par l'acide nitrique insuffisant, et qu'alors tout le phosphate calcaire resterait dans le résidu qui deviendrait ainsi un engrais plus énergique. On voit que l'analyse a répondu dans un sens inverse, dans l'hypothèse de parties égales de calcaire et d'acide nitrique; car j'ai

constaté dans la dissolution des quantités proportionnelles plus grandes de phosphate de chaux, d'oxyde de fer, de magnésie et d'alcalis, et une quantité proportionnelle moindre de chaux ; c'est donc la dissolution nitrique qui deviendrait plus puissante comme engrais que le résidu.

En effet 10 kilog. de substance dissoute par l'acide nitrique ayant agi sur son poids de calcaire du Salève, contiennent :

Acide phosphorique.... gr.	23,46	
Potasse..............	46,33	
Soude	92,44	
Magnésie.............	32,01	
Sesquioxyde de fer.......	51,33	=46,197 de FeO,
Chaux...............	5365,24	
	5610,81	

Et 10 kilogrammes de résidu calcaire non dissous par l'acide nitrique ayant agi sur son poids de calcaire du Salève, contiennent :

Acide phosphorique .. gr.	20,95	
Potasse...............	43,94	
Soude................	71,93	
Magnésie.............	19,58	
Sesquioxyde de fer......	7,66	=6,89 FeO,
Chaux	5442,18	
	5606,24	

N° 24. — Voici du reste la composition centésimale de ce second calcaire du Salève, qui a servi à ces dernières expériences; desséché il m'a fourni en 100 parties :

Phosphate tricalcique......	0,4709
Carbonate potassique	0,6481
Carbonate sodique.........	1,3404
Carbonate magnésique	0,5004
Carbonate ferreux, ...	0,3401
Carbonate calcique.........	95,1734
Perte..................	1,5267
	100,0000

On voit que sa composition proportionnelle des mêmes substances est bien différente de celle que j'ai constatée dans le premier échantillon ; il n'y a de presque identique que la proportion de carbonate de potasse.

N° 25. — Roches servant d'engrais au blé d'hiver. *Triticum sativum var. hybernum.*

Le 15 mars 1867 j'ai semé sur $\frac{1}{5}$ de centiare d'un terrain qui n'avait jamais été fumé, 9,42 gr. de blé d'été. Le 14 octobre suivant récolté :

Blé	gr.	24,71
Paille et glumes	»	95,756
Rapport de la semence au blé récolté		1 : 1,9539
Idem, idem, à la paille et aux glumes		1 : 7,819

N° 26. — Le 15 mars 1867, j'ai répandu sur $\frac{1}{5}$ de centiare d'un terrain non précédemment fumé, 40 gr. du calcaire analysé sous le N° 10, dissous dans 10 grammes SO^3HO et 30 gr. ClH, plus 1 litre d'eau. Deux jours après on y sema 9,42 gr. de blé d'été. En octobre on récolta :

Blé	gr.	47,182
Paille et glumes	»	95,756
Rapport de la semence au blé récolté		1 : 3,852
Idem, idem, à la paille et aux glumes		1 : 7,819

N° 27. — Sur le terrain précédent n° 26, sans y ajouter d'engrais cette fois, semé en automne 1867, 9,42 gr. blé d'hiver, récolté en juillet 1868 :

Blé d'hiver	gr.	108,478
Paille	»	161,23
Glumes	»	30,25
Rapport de la semence au blé récolté		1 : 11,526
Idem, idem, à la paille		1 : 17,11
Idem, idem, aux glumes		1 : 3,2

N° 28. — Sur le terrain n° 27 sans y ajouter d'engrais, semé en automne 1868, 9,42 gr. blé d'hiver, récolté en juillet 1869 :

Blé d'hiver	gr.	44,274	
Paille..........	»	148,984	
Glumes.........	»	22,608	
Rapport de la semence au blé récolté...		1 :	4,7
Idem, idem, à la paille......		1 :	15,92
Idem, idem, aux glumes		1 :	2,4

N° 29. — Sur $\frac{1}{5}$ de centiare d'un terrain non précédemment fumé, j'ai répandu en octobre 1867, 40 gr. du calcaire analysé sous le n° 10 pulvérisé, et peu de temps après semé 9,42 gr. blé d'hiver, récolté en juillet 1868 :

Blé d'hiver......	gr.	79	
Paille..........	»	142	
Glumes	»	26,376	
Rapport de la semence au blé récolté...		1 :	8 38
Idem, idem, à la paille......		1 .	15,07
Idem, idem, aux glumes.....		1 :	2,8

N° 30. — Sur le terrain précédent n° 29, sans y ajouter d'engrais, semé en automne 1868, 9,42 blé d'hiver, récolté le 29 juillet 1869 :

Blé d'hiver......	gr.	21,666	
Paille..........	»	144,274	
Glumes	»	15,072	
Rapport de la semence au blé récolté...		1 :	2,3
Idem, idem, à la paille......		1 :	15,315
Idem, idem, aux glumes.....		1 :	1,706

N° 31. — Dans $\frac{1}{5}$ de centiare de terrain non précédemment fumé, incorporé en octobre 1867 20 gr. chaux vive

sèche pulvérisée, analysée sous le nº 12, 20 gr. de poudre du porphyre de Schirmeck analysée sous le nº 1, 6,80 gr. de nitrate de potasse, mélangés ensemble et semé peu après 9,42 gr. blé d'hiver, récolté en juillet 1868 :

Blé d'hiver......	gr.	83,47
Paille..........	»	157,95
Glumes........	»	30,144

Rapport de la semence au blé récolté...			1 : 8,86
Idem,	idem,	à la paille......	1 : 16,76
Idem,	idem,	aux glumes.....	1 : 3,2

Nº 32. — Sur le terrain précédent nº 31, sans y ajouter d'engrais, semé en automne 1868, 9,42 blé d'hiver, récolté en juillet 1869 :

Blé d'hiver.......	gr.	40,506
Paille..........	»	157,462
Glumes.........	»	28,26

Rapport de la semence au blé récolté...			1 : 4,3
Idem,	idem,	à la paille......	1 : 16,715
Idem,	idem,	aux glumes....	1 : 3,0

Nº 33. — Incorporé en automne 1867 à $\frac{1}{5}$ de centiare de terrain non précédemment fumé, 40 grammes de chaux sèche analysée sous le nº 12, pulvérisée et mélangée à 6,80 gr. de nitrate de potasse, sur lequel terrain on sema peu après, 9,42 gr. blé d'hiver. Récolté en juillet 1868 :

Blé d'hiver......	gr.	72,534
Paille.........	»	134,42
Glumes........	»	23,55

Rapport de la semence au blé récolté...			1 : 7,7
Idem,	idem,	à la paille......	1 : 14,268
Idem,	idem,	aux glumes.....	1 : 2,489

N° 34. — Sur le terrain précédent n° 33, sans y ajouter d'engrais, j'ai semé en automne 1868, blé d'hiver 9,42 gr. Récolté en juillet 1869 :

Blé d'hiver......	gr.	36,738
Paille..........	»	136,738
Glumes.........	»	24,963

Rapport de la semence au blé récolté...	1	:	3,9
Idem, idem, à la paille......	1	:	14,51
Idem, idem, aux glumes.....	1	:	2,65

N° 35. — Incorporé à $\frac{1}{5}$ de centiare de terrain non précédemment fumé, en automne 1867, chaux vive pulvérisée, sèche, analysée sous le n° 12, 40 gr. et un jour après, semé sur ce terrain 9,42 de blé d'hiver. Récolté en juillet 1868 :

Blé d'hiver......	gr.	73,95
Paille	»	130,15
Glumes.........	»	26,376

Rapport de la semence au blé récolté...	1	:	7,85
Idem, idem, à la paille......	1	:	13,81
Idem, idem, aux glumes.....	1	:	2,80

N° 36. — Sur le terrain précédent n° 35, sans y ajouter d'engrais, j'ai semé le 18 octobre 1868, 9,42 gr. de blé d'hiver. Récolté en juillet 1869 :

Blé d'hiver......	gr.	33,912
Paille	»	151,81
Glumes	»	30,144

Rapport de la semence au blé récolté...	1	:	3,6
Idem, idem, à la paille......	1	:	16,11
Idem, idem, aux glumes	1	:	3,2

N° 37. — J'ai incorporé à $\frac{1}{5}$ de centiare d'un terrain non précédemment fumé, en octobre 1867, 40 gr. du

calcaire pulvérisé, analysé sous le n° 10, mélangé à 6,80 gr. de nitrate de potasse; et peu de temps après semé dessus 9,42 gr. blé d'hiver. Récolté en juillet 1868 :

Blé d'hiver......	gr.	125,42
Paille..........	»	204,71
Glumes.........	»	39,56

Rapport de la semence au blé récolté...			1 : 13,31
Idem,	idem,	à la paille	1 : 21,73
Idem,	idem,	aux glumes	1 : 4,198

N° 38. — Sur le terrain précédent n° 37, sans y ajouter d'engrais, semé le 18 octobre 1868, 9,42 gr. blé d'hiver. Récolté en juillet 1869 :

Blé d'hiver......	gr.	39,093
Paille..........	»	274,418
Glumes.........	»	45,216

Rapport de la semence au blé récolté ...			1 : 4,15
Idem,	idem,	à la paille......	1 : 29,14
Idem,	idem,	aux glumes.....	1 : 4,8

Les résultats agricoles précédents me semblent militer en faveur de l'action favorable des calcaires et roches phosphoriphères, sur la végétation du blé. Je le sais, il faudra avant de conclure définitivement, expérimenter sur une grande échelle et résoudre le problème de la pulvérisation industrielle des roches qui devront être répandues sur les terrains; mais il me paraît impossible que les immenses quantités de phosphate de chaux et de phosphate d'oxyde de fer renfermés dans les porphyres, grauwackes métamorphiques, calcaires des terrains jurassiques et triasiques, restes d'une ancienne vie organique, puissent être perdues dorénavant pour l'agriculture; maintenant que j'ai constaté leur richesse en

phosphates et en alcalis, ces deux puissants leviers de la vie végétale, surtout quand les expériences sur la végétation du blé que je viens de relater, nous démontrent avec évidence, l'influence bienfaisante des roches en question.

Parmi les expériences ci-dessus, je remarque celle du calcaire pulvérisé mêlé au salpêtre ; c'est là une riche mine de chaux, d'acide carbonique, d'azote, d'alcalis et d'une quantité suffisante de phosphate de chaux ; le produit de la récolte est abondant la 1re année et la 2e année, et le prix de l'engrais n'est pas élevé. Il appartient aux agriculteurs de profession d'apprécier ces premiers résultats obtenus.

NOTE

SUR

UNE RELATION SIMPLE ET PRATIQUE

ENTRE

LA PRESSION DE LA VAPEUR AQUEUSE ET LA TEMPÉRATURE

PAR

J.-G. DUPERRAY.

La loi naturelle qui lie la pression des vapeurs à la température est encore inconnue. Dalton avait posé en principe, que la tension croît en progression géométrique lorsque la température croît en progression arithmétique. Mais cette loi générale s'éloigne beaucoup de la vérité. Roche, mathématicien de Montpellier, a trouvé théoriquement la formule $f = a\alpha^{\frac{t}{1+mt}}$ qui concorde avec les observations. Mais elle ne peut être considérée comme la loi naturelle, la relation de cause à effet qui régit le phénomène, dans le sens du mot prophétique : ***Omnia in mensurâ et numero et pondere disposuisti;*** puisqu'elle renferme des constantes dont la détermination exige la connaissance des tensions répondant à certaines températures.

La difficulté du problème tient sans doute à une connaissance imparfaite des lois générales de la chaleur, mais aussi, et surtout, à la définition arbitraire, empirique, de la température, laquelle est probablement sans liaison nécessaire avec les quantités de chaleur correspondantes.

Aussi les physiciens, renonçant à s'occuper du problème général, et se bornant au cas de la vapeur aqueuse, ne prétendent, jusqu'à nouvel ordre, qu'à trouver des formules d'interpolation plus ou moins exactes. Telles sont la formule d'Young, $f=(a+bt)^m$, dont celle de Dulong, $f=(1+0{,}7153\,t)^5$ n'est qu'une forme particulière; les formules à deux exponentielles, telles que celle de Biot, log. $f=a+ba^t+c\beta^t$, etc.

Toutes ces formules ont l'inconvénient de manquer de simplicité pratique. Le calcul des machines à vapeur réclamerait une relation où la tension fût une fonction simple de la température et réciproquement. Une extrême simplicité rachèterait suffisamment, aux yeux des praticiens, l'inexactitude de la loi. On comprend, en effet, qu'une erreur relative de quelques centièmes serait noyée dans l'énorme écart qui existe toujours entre le travail utile théorique et le rendement vrai des machines à vapeur : sans parler de la discordance inévitable entre les instruments destinés à mesurer la température.

C'est en vue de ces nécessités pratiques que j'ai cherché une formule d'intèrpolation qui m'a conduit, en négligeant les termes inférieurs, à la loi suivante : *La pression de la vapeur aqueuse, au-dessus d'une atmosphère, est sensiblement proportionnelle à la quatrième puissance de la température.*

A l'appui de cette proposition, j'ai calculé avec sept chiffres, le rapport de la tension en millimètres de mercure, à la quatrième puissance de la température, évaluée en degrés du thermomètre à air, en prenant pour unité l'intervalle de cent degrés, et cela pour tous les degrés de 100 à 230 centigrades : en adoptant, pour faciliter la

comparaison, la table interpolée de M. Regnault qui fait loi sur la matière, soit parce qu'elle est la plus récente, soit surtout pour l'habileté incontestée de son auteur. J'ai reconnu que ce rapport oscille autour d'une moyenne de 723,8205 dont il s'éloigne peu, sous réserve de cet écart, on a les relations suivantes :

$$f=723{,}8205t^4,\ f=0{,}9523954t^4,\ f=0{,}9841013t^4,$$

selon que la tension est exprimée en millimètres, en atmosphères ou en kilogrammes par centimètre carré. L'erreur relative s'élève en plus aux 5 centièmes (à 100°), en moins aux 2 centièmes et un tiers (à 145°) de la pression vraie.

Pour faciliter la comparaison entre la table de M. Regnault et les résultats que donne la formule, j'ai réduit les pressions de la table en atmosphères, et j'ai calculé celles que fournit la seconde des trois formules; ainsi que l'erreur absolue et l'erreur relative correspondantes.

Le tableau qui suit est extrait du travail complet : dans cet aperçu, qui ne contient les températures que de dix en dix degrés, je supprime le détail du calcul logarithmique, ainsi que la colonne des différences absolues, moins importantes au point de vue pratique que les erreurs relatives. La première colonne contient la température; la seconde, la pression en millimètres selon M. Regnault; la troisième, le rapport de cette pression à la quatrième puissance de la température; la quatrième, la pression en atmosphères selon M. Regnault; la cinquième, la pression en atmosphères selon la formule; la sixième, enfin, la différence rapportée à la pression exacte et exprimée en millièmes de celle-ci :

Température.	Pression.	Rapport.	Pression R.	Pression nouv.	Erreur.
1,00	760	760	1	0,952	—48
1,10	1075,37	734.4920	1,415	1,394	—15
1,20	1491,28	719,1743	1,962	1,975	+ 7
1,30	2030,28	710.8573	2,671	2,720	+18
1,40	2717,63	707.4213	3,576	3,659	+23
1,50	3581,23	707.4035	4,712	4,821	+23
1,60	4651,62	709,7810	6,121	6,242	+20
1,70	5961,66	713,7918	7,844	7.954	+14
1,80	7546,39	718,8680	9,929	9,998	+ 7
1,90	9442,70	724,5725	12,425	12,412	— 1
2,00	11688,96	730.5600	15,380	15,239	— 9
2,10	14324,80	736,5653	18,848	18,522	—17
2,20	17390,36	742,3657	22,882	22,310	—25
2.30	20926,40	747,7959	27,535	26,652	—32

Pour compléter la comparaison, j'ai calculé, dans les deux systèmes, les températures répondant aux atmosphères de 1 à 27, en y joignant les demi-atmosphères jusqu'à 10. L'extrait suivant montre que l'erreur ne s'élève jamais à 2 degrés, en sorte qu'elle est inférieure au centième de la température.

La première colonne contient la pression; la seconde, la température selon M. Regnault; la troisième, la température selon la formule; la quatrième, enfin, l'erreur relative en millièmes de la température exacte :

Pression.	Température R.	Température nouv.	Erreur.
atm.	o	o	
1	100	101,23	+12
2	120,60	120,38	— 2
3	133,91	133,22	— 5
4	144,00	143,15	— 6
5	152,22	151,37	— 6
6	159,22	158,43	— 5
7	165,34	164,65	— 4
8	170,81	170,24	— 3
9	175,77	175,33	— 3
10	180,30	180,01	— 2
15	198,80	199,21	+ 2
20	213,01	214,07	+ 5
25	224,71	226,35	+ 7

Enfin, j'ai tracé la courbe des pressions dans les deux systèmes, à l'échelle de 5 millimètres pour un degré, et de 25 millimètres pour une atmosphère. Les deux courbes se coupent à 116° $^1/_2$ et à 188° $^3/_4$. Elles se confondent presque entre ces deux points, et ne s'écartent sensiblement qu'aux plus hautes pressions.

La formule $f=0,9841013\,t^4$ diffère peu de $f=t^4$, expression commode pour déduire mentalement la pression de la température dans les cas simples. L'erreur relative en plus se réduit alors à moins de 3 $^1/_2$ pour cent, l'erreur en moins s'élève à moins de 4 pour cent. Ainsi, ***la pression en kilogrammes, par centimètre carré, est sensiblement égale à la quatrième puissance de la température.*** Exemple : la pression à 200° serait la quatrième puissance de 2 ou 16 kilogrammes. La pression exacte est 15^{atm},380, soit 15^{kil},892. L'erreur est de 108 gr., soit la 150e partie de la valeur exacte.

Si l'on s'en tenait aux pressions pratiques, limitées dans les cas exceptionnels entre une atmosphère et demie et douze atmosphères, dans les cas ordinaires entre deux atmosphères et demie et huit atmosphères, on obtiendrait, en calculant le coefficient moyen dans ces limites, des formules beaucoup plus approchées de l'exactitude, savoir :

1° Entre 1 $^1/_2$ atmosphère et 12, soit entre 110 et 190°,

$f=714{,}5251\ t^4,\ f=0{,}9401646\ t^4,\ f=0{,}9714633\ t^4,$

avec une erreur relative variant entre +2 et $^3/_4$ p. cent (à 110°) et —1 p. cent (à 145°).

2° Entre 2 $^1/_2$ atmosphères et 8, soit entre 125 et 175°,

$f=710{,}0639\ t^4,\ f=0{,}9342946\ t^4,\ f=0{,}9653979\ t^4,$

avec une erreur relative de moins de un p. cent.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

ANALYSE SPECTRALE DE LA LUMIÈRE DE L'AURORE BORÉALE.

M. Angström d'Upsal a trouvé le premier que la lumière de l'Aurore boréale ne donne qu'une seule ligne verte dans le spectre. M. Struve avait constaté en 1869 à Pulkowa l'exactitude de cette observation [1]. M. Zöllner à Leipzig a réussi à trouver, en observant par un ciel très-découvert la magnifique Aurore boréale du 24 octobre dernier, outre la ligne verte déjà signalée, une ligne très-prononcée dans le rouge. M. J. Browning en Angleterre a fait la même observation sur la lumière des Aurores boréales des 24 et 25 octobre [2]. En dirigeant le spectroscope seulement sur la partie la plus brillante de la lumière de l'Aurore qui est d'un blanc d'argent, il n'a trouvé qu'une seule ligne brillante, mais en dirigeant son instrument sur la partie rouge, il y a découvert une ligne brillante très-prononcée. Outre ces deux lignes principales, M. Browning a cru en apercevoir d'autres, l'une dans la partie rouge, l'autre dans la partie bleue du météore lumineux. Il ajoute que la couleur de la lumière de l'Aurore qui était répandue sur la plus grande partie du ciel, ressemblait tout à fait à celle de la décharge d'une bobine d'induction à travers de l'air atmosphérique raréfié.

Ajoutons, puisque nous parlons d'Aurores boréales, que celle du 24 octobre a été observée dans l'hémisphère sud en Australie, et qu'elle y a été, comme dans l'hémisphère nord, d'une intensité remarquable, observation qui confirme la coïncidence déjà signalée des Aurores australes et boréales. Il serait intéressant d'avoir plus de détails sur l'apparence de cette Aurore australe et sur les effets magnétiques et élec-

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXXV, p. 285.

[2] *Philos. Magaz.*, janvier 1871, page 79.

triques qui ont dû accompagner son apparition. Espérons que les résultats des observations qui auront sûrement été faites à Hobarton parviendront bientôt en Europe ; nous nous empresserons, dès que nous pourrons les obtenir, de les communiquer à nos lecteurs. A. D. L. R.

C. CHRISTIANSEN. DISPERSION PRODUITE PAR UNE SOLUTION ALCOOLIQUE DE FUCHSINE. (*Pogg. Ann.*, tome CXLI, p. 479.)

M. Christiansen, de Copenhague, annonce en deux mots seulement les résultats, assurément fort curieux, qu'il a obtenus en étudiant la réfraction que les divers rayons subissent lors de leur passage dans une solution concentrée de fuchsine ou d'aniléine rouge dans de l'alcool.

Voici les indices de réfraction que lui a donnés pour les différentes raies de Fraunhofer une solution renfermant 18,8 parties d'aniléine :

Lignes de Fraunhofer.	Indices de réfraction.
B (rouge)	1,450
C (rouge-orangé)	1,502
D (jaune)	1,561
F (bleu)	1,312
G (indigo)	1,285
H (violet)	1,312

L'indice de réfraction croît de B à D et même un peu au delà, décroît ensuite très-rapidement jusqu'à G et augmente de nouveau à partir de cette raie. Il suit de là que si l'on forme avec cette solution un prisme d'un angle très-aigu, et que l'on reçoive à travers ce prisme un faisceau très-étroit de lumière, le spectre produit présentera à la partie la moins réfractée le violet, puis le rouge, enfin le jaune qui est le plus réfracté. Ces faits intéressants sont, de la part de M. Christiansen, l'objet d'une étude approfondie qui sera publiée, nous l'espérons, sous peu et dont nous rendrons compte en son temps. E. S.

A. KUNDT. UEBER DIE ANOMALE..... DISPERSION ANORMALE DES SUBSTANCES A COULEURS SUPERFICIELLES. (Wurtzbourg, le 6 janvier 1871, brochure.)

Dans les corps transparents la vitesse de la lumière est plus petite que dans le vide, de plus, l'indice de réfraction au passage du vide dans un corps transparent est plus grand pour la radiation dont la longueur d'onde est la plus petite (rayons violets) que pour les autres. Ce fait ne paraît pas se réaliser pour les métaux; il semble du moins ressortir des observations faites sur la polarisation elliptique de la lumière réfléchie par les surfaces métalliques, que dans la plupart des métaux la dispersion est inverse de ce qu'elle est dans les corps transparents, et que les rayons qui présentent la plus petite longueur d'onde sont moins réfractés par cette classe de corps que les autres. C'est là un point fort obscur de l'optique que les expériences de M. Jamin et M. Quincke n'ont point réussi à éclaircir.

M. Kundt avait entrepris, depuis un certain temps déjà, l'étude de cette importante question, en opérant, sur une classe de corps intermédiaire entre les métaux et les corps transparents, à savoir sur les *substances à couleurs superficielles;* ces substances, telles que les couleurs d'aniline, l'indigo, le carmin, le permanganate de potasse, etc., sont pour la plupart des matières colorantes transparentes, seulement sous une très-faible épaisseur; elles réfléchissent la lumière en prenant un éclat métallique, et les couleurs réfléchies sont complémentaires, ou à très-peu près, de celles qu'elles donnent par transparence.

Les résultats obtenus jusqu'ici par M. Kundt, quoique encore incomplets, présentent un grand intérêt, surtout si on les rapproche de l'observation de M. Christiansen [1] et de celle de M. Leroux qui avait annoncé que la vapeur d'iode dévie les rayons rouges plus que les rayons bleus.

[1] Voir plus haut, page 187.

Nous nous bornerons à l'énoncé succinct des résultats auxquels M. Kundt a été conduit.

En amenant une goutte de la dissolution concentrée d'une substance dichroïque, sur laquelle il s'agit d'opérer, dans l'angle dièdre formé par deux plaques de verre appliquées l'une contre l'autre par leur tranche et formant un angle de 25° environ, on obtient un prisme capillaire de liquide, puis on observe la dispersion produite par ce prisme liquide, en visant à travers sur une fente vivement éclairée. En opérant de la sorte, M. Kundt a reconnu que presque toutes les substances à couleurs superficielles soumises à l'expérience sous forme de dissolution, donnent une dispersion anormale, c'est-à-dire qu'elles dispersent les couleurs dans un ordre différent de celui dans lequel les donne le spectre. Il a constaté le pénomène, sur la fuchsine (comme M. Christiansen), sur le bleu, le violet et le vert d'aniléine, l'indigo, le carmin, la cyanine, l'hypermanganate de potasse, etc...... Toutes ces substances réfractent les rayons rouges plus fortement que les bleus; ceux de ces corps qui donnent par réflexion une couleur verte, donnent un spectre dans lequel la couleur verte est la moins déviée.

La cyanine, le violet et le bleu d'aniline, ainsi que l'indigo-carmin, donnent un spectre dans lequel les couleurs se présentent comme suit, à partir de la portion la moins réfrangible : vert, bleu, rouge. Dans des conditions favorables d'expérience, la cyanine donne un spectre composé de vert, de bleu clair, de bleu foncé, puis d'un espace obscur au delà duquel, dans la partie la plus réfrangible du spectre, se trouve du rouge d'abord, et même un peu d'orangé.

Ces substances n'ont pu encore être étudiées qu'à l'état de dissolution, l'effet est alors la résultante des dispersions de la substance elle-même et du dissolvant; à l'état solide, ils donneraient peut-être un renversement total. Un grand nombre d'autres substances doivent présenter la même propriété à un moindre degré. M. Kundt se propose de reprendre

cette étude par la méthode de M. Christiansen, en mesurant directement les indices de réfraction des différentes raies du spectre. E. S.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

E. Hering. Ueber das Gedæchtniss..... Sur la mémoire considérée comme attribut de la matière organisée. (Notice publiée à Vienne en 1870.)

Lorsqu'une étude sérieuse est faite sans parti pris, avec conscience, que l'exposé en est clair et précis, on éprouve une grande jouissance à la lecture de l'ouvrage qui la dévéloppe et on désire le faire connaître. Telles sont les qualités du travail de M. Hering sur la mémoire.

Dans un opuscule, qui n'a d'autre tort que sa trop grande brièveté, ce savant distingué établit les rapports constants qui existent entre les organes cérébraux des différents êtres et le degré des facultés mentales dont ils disposent ; il considère spécialement les phénomènes de mémoire, et attire l'attention sur un fait important, c'est la méthode à suivre dans la recherche physiologique des attributs intellectuels. Si le physiologiste, dit-il, veut travailler comme le physicien, il doit s'attacher à déterminer les conditions des phénomènes de l'âme, qui sont indispensables pour qu'ils puissent prendre naissance ; il doit par conséquent s'attendre à trouver une vie intellectuelle semblable dans deux organismes identiques, ce qui implique une concomitance complète entre une modification dans les centres nerveux et les phénomènes de la vie spirituelle.

Comme on le voit, M. Hering ne cherche pas à faire de la philosophie, il applique dans toute sa rigueur la vraie méthode d'analyse qui convient aussi bien à une étude physiologique que physique.

Ces préliminaires une fois établis, il passe à la mémoire et montre comment elle peut se manifester, tantôt d'une ma-

nière consciente, obéissant dans ce cas à la volonté, tantôt d'une manière tout inconsciente et imprévue, amenant dans le courant des pensées des souvenirs lointains auxquels on n'avait pas songé depuis longtemps et qui semblaient tout à fait oubliés. Ici c'est un épisode d'histoire qui nous revient tout à coup, là c'est une mélodie, qu'en vain on cherchait à se rappeler et qui spontanément résonne à nos oreilles. De tous ces faits groupés ensemble découle une loi capitale, c'est que toute modification cérébrale, causée par les agents extérieurs, se conserve durant un laps de temps variable suivant les cas, mais que la durée de cette modification est en rapport avec la durée de la mémoire. Les cas de pathologie s'accordent entièrement avec cette manière de voir.

Ainsi le physiologiste, considérant la mémoire uniquement au point de vue de l'observation directe, peut la regarder comme une propriété de l'organisation interne du cerveau.

Cette organisation spéciale, pour s'accentuer chez l'individu, réclame comme condition essentielle l'exercice.

Une personne qui commence à étudier le piano, par exemple, éprouve une peine très-grande à interpréter sur l'instrumeut la musique qu'elle lit. Les mouvements musculaires des doigts correspondant à la position de chaque note, exigent une attention soutenue; mais plus tard, après quelques années, cette difficulté est vaincue et les phénomènes de mémoire ont pris une si grande énergie que toute fatigue disparaît; l'artiste ne se doute même plus de la complexité inouïe des mouvements qu'il exécute, la mémoire est devenue *inconsciente*.

C'est grâce à cette faculté que l'ensemble de toutes les sensations que nous recevons du dehors, se présente à nous sous la forme de ce qu'on appelle *le monde extérieur*, qui est en somme *le monde du souvenir*.

Quant au développement de la mémoire, il suivrait, d'après M. Hering, les mêmes lois que le développement des organes du corps et spécialement les muscles. Plus un

membre est employé à un usage déterminé, plus il prend de force et se prête mieux à la fonction qu'on lui fait remplir. Ces modifications, apportées par l'individu dans sa structure organique, sont en partie héréditaires; leurs caractères s'accusent d'autant plus chez les descendants que la série de la filiation est longue et que chaque individu a été placé dans des conditions analogues. Nous arrivons par ces considérations à l'explication de l'*instinct* qui ne serait que la *mémoire héréditaire.*

Pour bien faire comprendre son idée, M. Hering emploie une comparaison des plus heureuses, il suppose que l'on casse en petits morceaux ces milliers de courbes géométriques définies par des équations connues; tous ces petits morceaux se ressemblent au moins autant que deux graines de plantes, ou deux embryons d'animaux, et pourtant chacun, dans sa nature intime, contient l'équation, c'est-à-dire le plan de son développement. Le descendant d'un être quelconque continue la courbe commencée par le père et subit par contre-coup toutes les modifications éprouvées par ses ancêtres.

Le petit poulet qui sort de sa coquille et se met immédiatement à courir et à manger n'a rien appris dans sa prison! Qu'est-ce? sinon la mémoire transmise de père en fils.

L'abeille, les oiseaux et en somme tous les animaux, par leurs instincts naturels, nous montrent l'accord de cette grande théorie avec les faits.

Plus les descendants seront dans des positions semblables à celles des ancêtres, moins il y aura de divergence dans les représentants de l'espèce; plus au contraire chaque individu aura une vie indépendante, plus aussi les caractères de la mémoire, c'est-à-dire les instincts, s'amoindriront et perdront de leur puissance.

Telles sont les considérations générales que M. Hering a exposées et développées avec un rare talent. R. P.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1871.

Le 1, brouillard tout le jour.
6, neige le matin ; hauteur de la neige tombée 105mm.
7, brouillard le matin, givre.
8, neige dans la nuit, hauteur 25mm.
9, id. id. 3mm.
11, l'après-midi la bise s'élève avec violence, et dure toute la journée du 12 et du 13.
15, brouillard le soir, givre.
16, brouillard le matin, givre.
17, forte pluie toute la journée, qui se change en neige tard dans la soirée.
18, hauteur de la neige tombée dans la nuit 55mm.
19, id. id. 130mm.
21, brouillard le matin et le soir, givre.
22, neige le matin, hauteur 13mm ; brouillard le soir.
23, neige tombée pendant la nuit 8mm ; brouillard une grande partie de la journée.
24, neige dans la soirée et jusqu'à midi le lendemain, 72mm.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 6 à 8 h. soir	732,60
10 à 10 h. matin	719,62
14 à 10 h. matin	728,32
18 à 4 h. après m.	716,10
23 à 10 h. soir	726,26
31 à 10 h. soir	733,80

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 6 h. matin	723,9[illegible]
9 à 6 h. soir	711,0[illegible]
11 à midi	711,55
17 à 6 h. matin	712,70
19 à 6 h. matin	711,99
26 à 2 h. après m.	719.07

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	726,04	— 1,84	— 6,60	—6,24	— 7,1	— 5,2	2,41	—1,62	893	+ 23	840	940	...	...	O. 1	1,00	—	—	124
2	725,63	— 2,25	— 8,21	—7,82	—11,2	— 2,8	2,24	—1,79	915	+ 45	810	970	...	...	S. 1	0,84	3,0	— 2,4	123
3	725,30	— 2,57	— 5,78	—5,36	— 7,5	— 2,8	2,69	—1,34	918	+ 47	850	960	...	...	variable	0,99	3,1	— 2,3	122
4	724,61	— 3,26	— 5,26	—4,82	— 8,1	— 3,0	2,82	—1,22	913	+ 42	860	980	...	...	SO. 1	0,98	3,1	— 2,2	121
5	728,35	+ 0,49	— 6,07	—5,61	— 9,0	— 4,0	2,60	—1,44	916	+ 45	880	930	...	...	SO. 1	0,96	3,2	— 2,1	120
6	730,34	+ 2,48	— 1,91	—1,43	— 7,0	— 2,7	3,79	—0,25	921	+ 50	810	990	4,5	7	SSO. 1	0,88	3,3	— 2,0	120
7	729,16	+ 1,31	— 3,89	—3,39	—10,0	+ 0,2	3,21	—0,84	903	+ 32	780	1000	...	...	SO. 1	0,90	2,8	— 2,4	119
8	720,64	— 7,21	+ 0,73	+1,25	— 5,0	+ 7,3	3,86	—0,19	786	— 85	590	940	1,1	2	SO. 1	0,64	—	—	118
9	713,88	—13,96	— 1,13	—0,60	— 3,2	+ 3,0	3,60	—0,46	854	— 17	710	970	0,2	1	variable	0,90	3,9	— 1,2	117
10	718,82	— 9,02	— 2,35	—1,82	— 6,1	+ 0,4	3,13	—0,94	815	— 56	730	930	...	...	NNE. 2	0,53	3,7	— 1,4	116
11	712,27	—15,56	— 4,74	—4,21	— 8,1	— 3,0	2,56	—1,52	792	— 78	710	900	...	...	NNE. 3	0,93	3,6	— 1,7	115
12	720,30	— 7,53	— 3,45	—2,92	— 5,0	— 2,2	2,85	—1,24	809	— 61	750	870	...	...	NNE. 3	0,67	2,8	— 2,2	115
13	726,52	— 1,31	— 4,86	—4,34	— 6,6	— 2,5	2,44	—1,66	774	— 96	670	1000	...	...	NNE. 3	0,51	2,7	— 2,3	115
14	727,61	— 0,21	— 6,98	—6,47	— 8,1	— 6,0	2,20	—1,91	836	— 34	750	960	...	...	E. 1	1,00	2,5	— 2,5	114
15	723,79	— 4,03	— 8,50	—8,00	—10,0	— 6,2	2,19	—1,93	936	+ 66	880	1000	...	...	SSE. 1	0,97	—	—	114
16	719,80	— 8,01	— 4,19	—3,71	—12,5	+ 4,4	3,11	—1,02	876	+ 7	670	1000	...	...	SSO. 1	0,72	2,7	— 2,2	113
17	713,76	—14,04	+ 4,34	+4,80	+ 1,7	+ 8,7	5,12	+0,98	834	— 34	550	1000	19,6	10	SO. 1	0,99	3,4	— 1,5	113
18	715,51	—12,27	+ 2,58	+3,02	0,0	+ 5,1	3,85	—0,30	707	—160	510	960	12,6	10	SSO. 2	0,84	4,5	— 0,4	113
19	713,74	—14,01	+ 0,92	+1,34	0,0	+ 2,9	4,42	+0,26	912	+ 46	760	1000	10,0	9	SSO. 1	0,97	4,2	— 0,6	112
20	720,40	— 7,31	+ 0,82	+1,21	— 3,9	+ 5,0	3,99	—0,18	830	— 35	710	1000	...	...	SO. 1	0,61	4,6	— 0,2	111
21	721,26	— 6,41	— 5,08	—4,72	— 8,7	+ 1,9	3,04	—1,13	943	+ 79	770	1000	...	...	SSE. 1	0,69	3,4	— 1,4	111
22	722,79	— 4,84	— 2,15	—1,83	— 7,4	+ 1,3	3,72	—0,46	915	+ 52	810	990	1,0	3	variable	0,88	—	—	111
23	724,28	— 3,30	0,00	+0,28	— 2,5	+ 2,7	4,28	+0,10	925	+ 63	820	1000	0,7	2	variable	1,00	4,5	— 0,2	112
24	724,93	— 2,61	— 1,30	—1,06	— 2,4	+ 0,7	3,88	—0,31	933	+ 72	860	1000	6,2	9	variable	1,00	4,4	— 0,3	112
25	722,46	— 5,04	— 0,63	—0,44	— 2,7	+ 2,2	4,03	—0,17	912	+ 52	750	990	0,3	1	variable	0,94	4,2	— 0,5	112
26	720,01	— 7,45	— 1,74	—1,60	— 3,1	+ 0,5	3,55	—0,65	885	+ 26	820	930	...	...	NNE. 1	0,99	4,3	— 0,4	112
27	723,22	— 4,20	— 2,43	—2,34	— 3,4	— 1,3	3,02	—1,19	796	— 62	720	920	...	...	NNE. 2	1,00	3,3	— 1,4	112
28	724,16	— 3,22	— 2,82	—2,78	— 3,1	— 2,0	2,88	—1,34	782	— 75	740	800	...	...	NE. 1	1,00	2,7	— 2,0	110
29	725,83	— 1,53	— 2,14	—2,16	— 3,8	+ 1,0	3,14	—1,08	804	— 52	730	840	...	...	NE. 1	0,89	—	—	110
30	728,46	+ 1,14	— 2,21	—2,29	— 3,8	— 0,8	3,14	—1,09	811	— 44	740	910	...	...	variable	0,98	3,3	— 1,4	108
31	732,32	+ 5,04	— 2,71	—2,85	— 3,6	— 0,8	3,13	—1,11	844	— 10	780	890	...	...	SE. 1	0,94	3,6	— 1,1	108

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,38	724,83	725,03	724,36	723,80	723,73	723,80	723,81	723,46
2e »	718,95	719,37	719,60	719,21	719,09	719,54	719,83	720,13	720,23
3e »	724,20	724,59	724,81	724,57	724,19	724,49	724,78	725,14	725,50
Mois	722,56	722,98	723,20	722,78	722,42	722,65	722,87	723,10	723,14
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,48	— 5,16	— 3,84	— 2,04	— 1,26	— 2,54	— 3,80	— 4,25	— 4,70
2e »	— 3,32	— 3,56	— 2,39	— 1,34	— 0,99	— 1,13	— 1,75	— 1,86	— 2,56
3e »	— 3,60	— 3,20	— 1,96	— 0,51	— 0,43	— 0,85	— 1,55	— 2,05	— 2,48
Mois	— 4,12	— 3,95	— 2,70	— 1,27	— 0,88	— 1,48	— 2,34	— 2,70	— 3,22
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	2,87	2,94	3,02	3,22	3,34	3,14	3,12	2,99	2,91
2e »	3,26	3,09	3,20	3,49	3,43	3,33	3,29	3,29	3,30
3e »	3,21	3,32	3,44	3,64	3,66	3,52	3,56	3,44	3,36
Mois	3,11	3,12	3,23	3,46	3,48	3,34	3,33	3,25	3,20
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	939	936	876	815	800	818	888	885	898
2e »	894	844	807	810	786	772	805	810	851
3e »	912	915	862	818	814	808	857	862	869
Mois	915	899	849	815	800	800	850	853	873

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 7,42	— 0,96	0,86	3,26	5,8	120,0
2e »	— 5,25	+ 0,62	0,82	3,44	42,2	113,5
3e »	— 4,05	+ 0,49	0,94	3,74	8,2	110,7
Mois	— 5,52	+ 0,07	0,88	3,49	56,2	114,6

Dans ce mois, l'air a été calme 2,51 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,50 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 30°,2 E., et son intensité est égale à 15,6 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1871.

Le 1.	brouillard	à 10 h. du soir.
2,	id.	à 6 h. du matin.
3,	id.	la plus grande partie de la journée.
4.	id.	jusqu'à 10 h. du matin.
6.	id.	toute la journée.
7.		Une partie de la neige tombée dans la nuit du 6 au 7 fut emportée par le vent.
8.	id.	jusqu'à 4 h. du soir.
10.	id.	jusqu'à 6 h. du soir.
16,	id.	la plus grande partie de la journée.
17.	id.	tout le jour.
18,	id.	à deux reprises dans la journée.
19.	id.	toute la journée.
22.	id.	une partie de la journée.
23.	id.	à 6 h. du matin.
24.	id.	tout le jour.
25,26,27,	id.	à peu près tout le jour.
28,	id.	de 8 h. à 10 h. du matin.
29.	id.	depuis 6 h. du soir.
30.	id.	toute la journée.
31,	id.	depuis midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à 10 h. soir	561,27	Le 1 à 6 h. matin	555,42
10 à 4 h. après m.	549,56	9 à 6 h. soir	545,46
14 à 10 h. matin	558,94	11 à midi	544,76
23 à 10 h. soir	559,17	19 à 2 h. après m.	547,31
31 à 10 h. soir	565,29	26 à 8 h. soir	552,72

Jours du mois	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Température — Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Pluie ou neige. — Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	555,94	— 5,42	555,42	556,58	—15,43	— 6,82	—17,0	—13,7	.....	.....	....	SO. 1	0,32
2	557,13	— 4,20	555,47	557,90	—16,58	— 7,94	—17,5	—15,1	.....	.....	....	SO. 1	0,27
3	557,16	— 4,15	556,98	557,69	— 8,16	+ 0,51	—11,4	— 5,7	30	3,4	2	SO. 1	0,79
4	557,74	— 3,55	557,15	558,40	— 7,56	+ 1,14	— 8,6	— 4,8	10	2,0	2	SO. 1	0,51
5	558,83	— 2,44	558,46	559,24	— 9,81	— 1,08	—12,2	— 7,8	.....	.....	....	NE. 2	0,04
6	559,44	— 1,81	557,70	561,27	—13,98	— 5,21	—14,4	—12,6	.....	.....	....	NE. 3	0,99
7	559,78	— 1,45	558,20	560,73	—12,46	— 3,66	—15,0	—10,2	35	3,2	4	NE. 1	0,00
8	553,15	— 8,06	551,41	555,15	—12,85	— 4,02	—15,6	— 9,8	25	2,6	5	NE. 1	0,72
9	547,02	—14,16	545,46	549,52	—16,55	— 7,70	—18,0	—13,2	.....	.....	....	NE. 1	0,04
10	548,73	—12,42	546,85	549,56	—17,64	— 8,77	—18,4	—16,3	.....	.....	....	NE. 3	0,79
11	545,37	—15,75	544,70	546,57	—15,07	— 6,18	—16,4	—13,0	.....	.....	....	SO. 1	0,36
12	550,35	—10,75	547,59	552,55	—18,39	— 9,48	—19,4	—16,8	.....	.....	....	NE. 1	0,21
13	555,37	— 5,70	553,29	556,83	—17,16	— 8,23	—19,2	—14,5	.....	.....	....	NE. 1	0,02
14	558,39	— 2,65	557,34	558,94	— 8,54	+ 0,41	—11,0	— 5,6	.....	.....	....	SO. 1	0,00
15	558,06	— 2,95	557,72	558,63	— 9,95	— 0,98	—11,1	— 8,5	.....	.....	....	SO. 1	0,00
16	556,95	— 4,03	556,54	557,92	—12,27	— 3,38	—13,1	—11,3	.....	.....	....	SO. 1	0,77
17	553,28	— 7,67	551,35	555,46	— 9,84	— 0,83	—11,2	— 8,4	85	5,6	6	SO. 2	0,98
18	551,30	— 9,62	550,27	552,41	—11,07	— 2,05	—12,5	— 8,5	70	5,3	5	SO. 1	0,61
19	548,94	—11,95	547,31	551,54	—12,23	— 3,20	—13,5	—10,4	145	6,4	4	NE. 3	0,99
20	553,16	— 7,70	551,39	554,52	—14,04	— 5,00	—15,0	—12,6	20	1,7	2	NE. 1	0,12
21	554,01	— 6,81	552,85	555,07	—14,13	— 5,08	—16,1	— 8,9	.....	.....	....	NE. 1	0,00
22	556,32	— 4,47	555,38	557,15	— 9,87	— 0,81	—11,3	— 8,0	.....	.....	....	SO. 1	0,54
23	557,97	— 2,79	557,13	559,17	—12,76	— 3,69	—14,0	—11,2	30	2,7	4	SO. 1	0,39
24	557,85	— 2,88	556,78	559,07	—10,90	— 1,83	—12,2	— 9,4	40	2,8	3	SO. 1	0,92
25	555,60	— 5,09	555,55	556,05	—11,24	— 2,16	—12,2	— 9,2	10	1,8	3	SO. 1	0,78
26	553,55	— 7,10	552,72	554,75	— 9,04	+ 0,04	—11,0	— 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,60
27	554,37	— 6,24	552,89	555,60	— 9,04	+ 0,04	—12,3	— 6,1	.....	.....	....	variable	0,67
28	555,59	— 4,98	555,12	556,15	— 9,97	— 0,89	—10,8	— 8,0	.....	.....	....	variable	0,32
29	557,57	— 2,97	556,64	558,37	—10,37	— 1,29	—11,2	— 8,3	.....	.....	....	SO. 1	0,32
30	559,43	— 1,08	557,95	561,33	—12,01	— 2,94	—12,6	—11,4	90	5,3	6	SO. 1	0,98
31	563,79	+ 3,31	562,34	565,29	—12,40	— 3,33	—13,0	—10,6	.....	.....	....	SO. 1	0,73

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	555,35	555,79	556,08	555,69	555,50	555,54	555,44	555,47	555,29
2e »	552,67	553,08	553,32	553,02	552,87	553,19	553,38	553,45	553,79
3e »	556,37	556,72	557,03	556,94	556,76	557,00	557,13	557,38	557,62
Mois	554,85	555,24	555,53	555,27	555,10	555,30	555,38	555,50	555,64
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—13,68	—13,48	—12,73	—11,65	—11,54	—12,95	—13,54	—13,27	—13,54
2e »	—13,23	—13,43	—12,59	—11,82	—11,32	—12,26	—13,28	—13,00	—13,23
3e »	—11,86	—11,70	—10,91	— 9,96	— 9,16	—10,35	—11,18	—11,39	—11,53
Mois	—12,89	—12,83	—12,04	—11,11	—10,63	—11,81	—12,62	—12,52	—12,73

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 14,81	— 10,92	0,45	11,2	100
2e »	— 14,24	— 10,96	0,41	19,0	320
3e »	— 12,43	— 8,94	0,57	12,6	170
Mois	— 13,78	— 10,23	0,48	42,8	590

Dans ce mois, l'air a été calme 11,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,10 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 5,0 sur 100.

* Voir la note du tableau.

INSTRUCTION

POUVANT SERVIR A

L'ÉTABLISSEMENT

DES OBSERVATOIRES MÉTÉOROLOGIQUES

PAR

M. V. REGNAULT.

Jusqu'ici les observations météorologiques ont eu principalement pour objet de fournir des éléments à la cosmographie terrestre. On se proposait de tracer sur la surface du globe les *lignes isothermes,* c'est-à-dire les courbes qui passent par tous les points où la température moyenne de l'année est la même. Cette question a perdu beaucoup de son intérêt depuis que l'on connaît mieux toutes les circonstances qui influent sur cette température moyenne. On notait, à différentes heures de chaque jour, la pression barométrique dans les divers lieux du globe. Les différences entre ces pressions simultanées exercent évidemment la plus grande influence sur la direction et l'intensité des vents, et cette question intéresse la navigation au plus haut degré.

Sous l'influence de ces idées générales, il n'est pas étonnant que les observations météorologiques aient été attribuées dès l'abord aux Observatoires astronomiques, d'autant plus que ces établissements étaient déjà pourvus du personnel nécessaire pour les faire de nuit comme de jour. Mais cette science intéresse aussi le naturaliste et

l'agronome, et, à ce point de vue spécial, elle doit être traitée, selon moi, suivant des méthodes et à l'aide d'appareils différents de ceux qui ont été appliqués jusqu'ici dans les Observatoires astronomiques.

A plusieurs reprises, une instruction m'a été demandée en France pour les Observatoires météorologiques qu'on se proposait d'établir dans les Écoles d'agriculture. Cette circonstance m'a forcé à réfléchir beaucoup sur ce sujet, hérissé de difficultés de tous genres. La première difficulté, et c'est la principale, consiste à définir nettement toutes les observations qui intéressent les naturalistes, celles qui sont utiles, ou nécessaires, à la solution des questions qu'ils se posent. Un programme de ce genre ne peut être bien formulé que par les naturalistes eux-mêmes. Il faut ensuite imaginer les appareils, indiquer la disposition qu'il convient de leur donner, enfin décrire les méthodes d'observation et de calcul. Cette seconde partie du programme incombe au physicien expérimentateur ; c'est la seule que j'aie la prétention de traiter, et je me suis imposé la double condition de rendre les appareils rigoureusement comparables, et d'exiger de l'opérateur le travail le moins assujettissant possible.

Mes essais sont encore bien incomplets, et je ne songeais pas à les publier. Je profite aujourd'hui des loisirs que les malheurs de mon pays m'imposent, pour les réunir en une notice que je demande la permission de présenter à la Société des Sciences de Physique et d'Histoiré naturelle de Genève. Je m'estimerai heureux si les savants genevois veulent l'accepter comme un faible témoignage de ma vive reconnaissance pour l'hospitalité cordiale qu'ils ont bien voulu m'accorder.

Hauteurs barométriques.

Le baromètre généralement employé dans les Observatoires est le *baromètre à cuvette de Fortin,* qui est toujours préférable aux baromètres à syphon. Mais il est essentiel que l'observateur s'assure de sa parfaite exactitude. Pour cela, on se contente ordinairement de comparer les indications de l'instrument à celles que donne simultanément un baromètre *réputé exact.* S'il y a une différence, on la fait disparaître en faisant monter ou descendre convenablement la petite tige, dont la pointe inférieure, destinée à affleurer le mercure de la cuvette, représente le zéro de l'échelle divisée. D'autres fois, laissant cette tige en place, on regarde la différence observée comme une erreur constante, dont on corrige toutes les indications de l'instrument.

La première méthode de correction, celle par déplacement du zéro, est toujours employée par le constructeur qui veut livrer un baromètre marchant d'accord avec un baromètre étalon, que l'on considère, à tort ou à raison, comme parfaitement exact.

Cette manière d'opérer est vicieuse; elle suppose *à priori* que l'erreur de l'instrument provient uniquement d'une position fausse du zéro de l'échelle. Mais il est facile au constructeur de donner dès l'origine une position exacte à ce zéro; en tout cas, il peut vérifier, à l'aide du cathétomètre, l'exactitude du zéro sur l'instrument monté.

Un constructeur, habile et loyal, s'arrangera toujours pour que le baromètre soit parfaitement purgé d'air et d'humidité; de sorte que, en déplaçant la pointe pour établir la concordance avec l'étalon, il corrigera à la fois l'inexactitude du zéro et la différence de l'action capillaire

entre les deux instruments. Mais si l'instrument est de construction ancienne, s'il a voyagé, on doit craindre qu'il se soit dérangé, soit par l'introduction d'une très-petite quantité d'air ou d'humidité, soit par un déplacement de l'échelle, laquelle, dans nos baromètres, n'est jamais réunie, d'une manière suffisamment invariable, avec son zéro. Il est donc dangereux d'admettre, sans vérification possible, que l'instrument transporté n'a pas subi d'altération, et qu'il suffit de corriger ses indications de l'erreur constante que l'on a reconnue en le comparant à l'étalon, avant son transport.

On s'explique ainsi ce fait fâcheux que les baromètres des divers Observatoires sont loin d'être parfaitement d'accord.

Je propose pour les Observatoires un baromètre à cuvette, que chaque expérimentateur peut faire facilement lui-même sur place, qui porte en lui les moyens nécessaires pour constater sa parfaite exactitude ; de plus, qui n'exige aucune correction pour la capillarité ; enfin, qui revient à meilleur marché que les baromètres ordinaires. C'est le baromètre que j'emploie exclusivement depuis trente ans pour mes recherches de physique, et que j'ai décrit (*Annales de Physique et de Chimie*, 3me série, tome XIV, p. 219 et *Mémoires de l'Acad. des Sciences*, tome XXVI, p. 130). Je vais décrire avec détail la partie de la construction que le physicien doit faire lui-même, c'est-à-dire l'établissement du tube barométrique :

On choisit un beau tube de verre, de 15 à 16 millimètres de diamètre intérieur, et d'un mètre au moins de long. Ce tube doit être aussi égal que possible et ne montrer ni fils ni grains. On commence par faire passer à travers ce tube un petit tampon de linge neuf, attaché au

milieu d'une ficelle, pour enlever les poussières adhérentes aux parois. Cette opération doit être répétée plusieurs fois. Un habile souffleur ferme ensuite l'extrémité *a* (Pl. IV, fig. 1); il étire le tube en *b* suivant une tubulure *bc* de 5 à 6 centimètres de long, et ayant 4 à 5 millimètres de diamètre intérieur; enfin, il borde à la lampe l'extrémité *d* de la portion *cd* qui reste comme entonnoir.

Le tube ainsi confectionné doit être séché intérieurement en le mettant en communication avec la machine pneumatique et laissant rentrer de l'air sec. Cette dessiccation préalable n'est pas nécessaire, mais elle rend l'ébullition du mercure plus facile et plus rapide.

Le mercure doit avoir été bien purifié. Pour cela, je le chauffe dans une petite marmite en fonte, en le recouvrant d'une couche d'acide azotique étendu de trois fois son volume d'eau, jusqu'à ce que les vapeurs nitreuses commencent à paraître. Je fais alors tomber presque complétement le feu, et j'abandonne le tout pendant deux heures. Il se forme une pellicule cristalline de sous-azotate d'oxydule de mercure que l'on enlève. On lave le mercure, à plusieurs reprises, avec de l'eau froide et on le laisse quelques heures dans une capsule de porcelaine, au-dessus d'une autre capsule renfermant de l'acide sulfurique concentré et sous une cloche de verre. Il est bon de ne pas conserver ce mercure longtemps à l'air humide, parce qu'il s'oxyde alors sensiblement, surtout si la température est élevée.

Pour introduire le mercure dans le tube, on le fait couler par un entonnoir soufflé en verre, terminé par une pointe ouverte, très-effilée, et que l'on pose sur l'orifice *d* du tube barométrique. Lorsqu'une hauteur de 2 à 3 centimètres de mercure a pénétré dans le tube, on ar-

rête l'arrivée du mercure; on secoue vivement le tube avec le mercure contenu, enfin on fait écouler ce mercure ; c'est une dernière précaution prise pour enlever les poussières et surtout les filaments organiques attachés aux parois, qui, en se décomposant pendant l'ébullition du mercure, rendraient la purification plus difficile.

On procède alors à l'emplissage définitif du tube, à l'aide du même petit entonnoir, que l'on maintient toujours à peu près plein, pour que les poussières fines qui gagnent la surface restent dans l'entonnoir et n'arrivent pas dans le tube barométrique. On arrête quand le niveau du mercure s'élève de quelques millimètres dans la tubulure *cd*.

Je fais bouillir le mercure par couches successives de bas en haut; pour cela je me sers d'un petit fourneau de terre A qui porte une échancrure B, par laquelle on peut faire passer le tube barométrique. Ce fourneau est rempli de charbons bien allumés. On chauffe d'abord l'extrémité *a* du tube directement sur les charbons, mais en tenant le tube très-incliné et le faisant tourner constamment autour de son axe. L'opérateur maintient le tube serré par sa main gauche, qu'il garantit contre la chaleur par une poignée semblable à celles dont les blanchisseuses se servent pour tenir les fers à repasser, et il donne au tube son mouvement de rotation en tournant la tubulure *cd* à l'aide de sa main droite. Les bulles d'air et de vapeur d'eau s'élèvent en spirale le long des parois du tube. Lorsque l'ébullition du mercure commence dans le bas, on soulève un peu le tube pour qu'elle ne devienne pas trop vive.

On fait alors passer l'extrémité *a* du tube par l'encoche B, et on porte l'ébullition plus haut. Le mercure est

assez mauvais conducteur de la chaleur pour que l'ébullition ne s'effectue que sur une zone assez étroite ; l'ébullition produit des coups secs qui font monter les bulles successivement. On reconnaît facilement que la partie inférieure, celle qui est au-dessous des charbons, est bien purgée. Il suffit de la regarder attentivement pendant qu'elle est encore chaude et que le tube tourne continuellement ; le mercure présente alors une surface miroitante, extrêmement brillante. Si on y aperçoit un peu de terne, ou quelques très-petites bulles, il faut remonter le tube et faire bouillir de nouveau.

Lorsqu'une portion notable du tube a passé par l'échancrure B du fourneau, un aide reçoit l'extrémité *a* sur plusieurs doubles de linge ou de peau pour maintenir le tube. Il doit surveiller aussi les zones qui descendent par l'échancrure, et s'assurer qu'elles ne présentent ni trouble, ni petite bulle persistante.

Lorsque l'ébullition approche de la partie rétrécie *bc*, il faut éviter que le mercure, devenu très-chaud dans l'entonnoir *cd*, n'absorbe un peu d'oxygène à l'air, auquel cas il pourrait plus tard crasser les parois du tube barométrique. On évite ce danger en fermant imparfaitement l'orifice *d* à l'aide du petit tube effilé *ef* qui empêche le renouvellement de l'air.

On laisse le tube refroidir, en le maintenant vertical, et l'on examine avec la plus grande attention si l'on ne voit pas quelque petite bulle, ou un dépoli, en une partie quelconque de la surface miroitante. De plus, on veille à ce que, pendant le refroidissement, le mercure s'élève d'au moins un centimètre dans l'entonnoir *cd* ; s'il menaçait de descendre plus bas il faudrait ajouter un peu de mercure chaud.

Avant que le tube ne soit complétement refroidi, on fait un trait en c à l'aide d'une lame d'acier bien affilée ; puis tirant dans le sens de la longueur du tube, on détache l'entonnoir cd. Le mercure continuant à se refroidir, descend de quelques millimètres au-dessous de la cassure ; on en profite pour border les arêtes vives de cette cassure avec le jet d'une flamme de gaz.

On s'apprête alors à retourner le tube barométrique dans sa cuvette à mercure. Pour cela on le chauffe légèrement jusqu'à ce que le mercure dilaté forme un ménisque convexe au-dessus de l'orifice cd ; on y applique le doigt et on retourne vivement le tube dans la cuvette. On retire ensuite lentement le doigt pour laisser tomber, sans secousse, l'excédant du mercure. La figure 2 représente le baromètre disposé dans sa cuve.

La cuve ABCD est en fonte de fer ; la figure 3 en représente une coupe transversale, suivant la ligne xy de la figure 2. Cette cuve est disposée de façon que la surface du mercure y occupe une très-grande étendue, afin que les variations de niveau dans le tube barométrique n'en fassent pas subir de sensibles dans la cuvette.

J'admettrai d'abord que le baromètre doive toujours être observé directement par l'expérimentateur. Dans ce cas le tube barométrique est fixé invariablement à une planche verticale, sur laquelle est ajustée également la cuvette à mercure. Sur la face postérieure de la cuvette est fixée, à l'aide de vis, une pièce M portant une vis micrométrique à deux pointes mo. On tourne cette vis de façon que la pointe o affleure exactement le niveau du mercure dans la cuvette.

On détermine la hauteur du baromètre à l'aide d'un cathétomètre, dont on fait affleurer l'axe de la lunette,

successivement, au sommet *nn'* du ménisque de mercure dans le tube barométrique et à la pointe supérieure *m* de la vis micrométrique. Si l'on ajoute à la distance des niveaux *nn'* et *mm'*, observée sur le cathétomètre, la longueur de la vis entre ses deux pointes *m,o*, longueur que l'on peut mesurer aussi souvent que l'on veut avec le même cathétomètre en soulevant convenablement la vis, on aura la hauteur barométrique avec une très-grande exactitude.

Il faut maintenant s'assurer que le baromètre est parfaitement exact, qu'il ne renferme ni trace d'air, ni trace d'humidité. Pour cela, à un moment où le baromètre paraît stationnaire, on prend la hauteur barométrique, le tube étant dans la position de la figure 2; puis on fait descendre vivement le tube, de manière à réduire la chambre barométrique à $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ de la capacité qu'elle présentait dans sa première position, et on prend de nouveau au cathétomètre la hauteur barométrique. Si le baromètre a été bien purgé, les deux hauteurs seront parfaitement égales. Il est clair que cette vérification peut être répétée aussi souvent que l'on veut.

Notre baromètre n'a pas besoin de subir une correction pour la capillarité, parce que la dépression capillaire du mercure dans un tube de 15 à 16 millimètres de section est négligeable.

Pour faire la correction convenable pour la température, je fixe sur la planche, immédiatement à côté du tube barométrique, un gros thermomètre à mercure dont le réservoir est formé par un bout de tube en verre de même section que le tube barométrique.

Le baromètre, tel que je viens de le décrire, est celui que j'emploie pour mes expériences de physique. Mais dans un Observatoire météorologique il faut que ses ob-

servations soient enregistrées automatiquement, sans que la présence de l'observateur soit nécessaire. Je lui fais subir alors les modifications suivantes :

Le tube barométrique est toujours fixé par rapport à la cuve dans la position que montre la figure 2; mais il est enveloppé par une tubulure cylindrique *khk'*, adaptée à une règle en laiton *ki*, terminée par une pointe *i* qu'on fait affleurer à la surface du mercure de la cuve. Cet ajutage peut être fixé invariablement au tube barométrique, la pointe *i* se trouvant à une hauteur convenable ; on verse alors dans la cuve la quantité de mercure nécessaire pour affleurer la pointe *i* qui sera le zéro de notre échelle. Mais il est préférable que la règle *hki* soit mobile, qu'elle glisse dans une coulisse verticale, parce que cela permet, sans déranger le tube, de faire varier la capacité de la chambre barométrique, par conséquent de reconnaître, aussi souvent que l'on veut, la parfaite exactitude du baromètre.

La tubulure *hk* est percée suivant deux fenêtres longitudinales opposées *fg*, à l'aide desquelles on voit la partie supérieure du ménisque mercuriel. La petite ligne supérieure *f* de la fenêtre antérieure est perpendiculaire à la direction de la règle *ki*, et l'on a déterminé, une fois pour toutes (chez le constructeur), à l'aide du cathétomètre la distance de la pointe *i* à la ligne horizontale *ff'*. Je supposerai que cette distance soit exactement de $800^{mm},00$.

Pour avoir la hauteur barométrique à un moment quelconque, il suffit de mesurer exactement la distance du sommet du ménisque *nn'* à la ligne *ff'*, et de retrancher cette distance de 800 millimètres. Cette distance sera déterminée par les procédés connus si l'observateur veut faire lui-même ses observations ; mais je ne veux m'occu-

per que du cas, le seul pratique à mon avis, où les observations sont relevées d'une manière continue par l'appareil lui-même.

Pendant le jour, un miroir placé à l'extérieur, projettera la lumière du ciel en un faisceau horizontal, à travers la fenêtre *fg*. Une chambre noire photographique reçoit ce faisceau sur son objectif et donne une image très-nette de la fenêtre *fg* sur le verre dépoli.

Cette chambre noire consiste en un simple tube métallique terminé d'un côté par l'objectif, de l'autre côté par un appendice dans lequel on ajuste soit la glace dépolie, soit une glace préparée au collodion sec, après action du tannin. Cette chambre noire est fixée, une fois pour toutes, afin que les glaces reçoivent, dans la position invariable qui leur est assignée, l'image la plus nette de la ligne *ff'* et du ménisque mercuriel. La grandeur de l'image dépendra de la longueur focale de l'objectif, et de la distance de l'objectif à la fente *fg*. On peut choisir l'objectif de façon que la grandeur de l'image soit précisément égale à celle de l'objet. Dans ce cas, il suffira de mesurer avec une règle divisée en millimètres, la distance du ménisque à *f* sur l'image photographique. On peut très-bien adopter une disposition de ce genre si la photographie ne se fait qu'avec la lumière du jour; mais si l'on veut opérer aussi la nuit, et n'employer qu'une lampe à huile ordinaire dont l'action photogénique est toujours assez faible, il est préférable de choisir un objectif d'un foyer plus court, et de le placer de façon à donner une image seulement moitié de la grandeur de l'objet.

La glace préparée est maintenue dans une coulisse suivant laquelle elle glisse horizontalement, poussée par

un mouvement d'horlogerie; ses diverses parties viennent ainsi recevoir, successivement, l'impression de la portion lumineuse de la fenêtre *fn*.

Au bout de 24 heures, on retire la glace, en la maintenant toujours dans l'obscurité; puis on développe l'image. On aura ainsi sur la glace une surface noire *nff'n'*, fig. 4, dans laquelle la droite *ff'* représente la ligne tracée par le haut de la fenêtre, et la ligne sinueuse *nn'* a été tracée par le sommet du ménisque mercuriel. Si l'on veut avoir la hauteur du baromètre à une heure déterminée de la journée qui correspond, je suppose, à l'abscisse *fx*, il suffit de mesurer la longueur *xy* de l'ordonnée, de la transformer en millimètres, et de retrancher le nombre de ces millimètres de 800. Il sera généralement plus simple de prendre un positif sur papier que l'on peut conserver; la glace peut alors servir pour de nouvelles opérations.

En employant des glaces de dimensions un peu grandes, par exemple celles de 21 centim. sur 27 centim., la même glace peut servir pour inscrire les observations d'une semaine entière. Il suffit pour cela que, après chaque 24 heures, le châssis qui porte la glace descende d'une hauteur plus grande que celle que les ordonnées *xy* peuvent atteindre dans la contrée où l'on opère, de sorte que, le jour suivant, une seconde image analogue à la figure 4, se formera au-dessus de la première. A la fin de la semaine, on développe la glace, et l'on prend un positif sur papier qui contient alors les observations d'une semaine entière.

L'enregistrement photographique se fait plus difficilement pendant la nuit. Je procède de la manière suivante : Une lampe S, figure 5, à gaz ou à huile, la plus brillante

possible, est placée à une certaine distance du baromètre. Ses rayons sont ramenés à peu près au parallélisme par le collimateur O et viennent tomber sur le prisme rectangle, isocèle ABC, qui les envoie par la double fenêtre *fg* du baromètre figure 2, vers l'objectif de la chambre noire. La lumière qui traverse ainsi entre *f* et le sommet du ménisque est suffisamment photogénique pour marquer sur la glace, pourvu que la translation de cette dernière ne soit pas trop rapide.

Rien n'est plus facile que d'avoir la valeur du millimètre sur les épreuves photographiques. Il suffit pour cela de fixer sur la règle *kk'* de la figure 2, entre *f'* et *k'* une échelle en millimètres, tracée en noir sur ivoire, de l'éclairer par la lumière du jour et d'en prendre l'épreuve photographique avec la chambre noire, à laquelle on a donné sa disposition définitive et invariable. A l'aide de cette donnée, il est facile de construire un appareil micrométrique avec lequel on relèvera rapidement les valeurs en millimètres des ordonnées xy de la figure 4.

Températures

Dans les Observatoires astronomiques on se contente généralement d'inscrire, à des heures déterminées du jour et de la nuit, les indications données par un thermomètre à mercure, placé au nord, à l'ombre, et plus ou moins abrité. Il est évident que ces indications ne suffisent pas pour les études botaniques et agronomiques. Si l'on veut reconnaître l'influence que la température exerce sur le développement d'une plante, il faut noter cette température dans toutes les régions où se trouvent les organes essentiels de la plante, savoir dans la couche de terre où se trouve le chevelu de ses racines, dans la

zone atmosphérique où passent successivement la fleur, le fruit, etc., etc. En un mot, il faut observer *simultanément* plusieurs thermomètres dont les températures seront souvent très-différentes, puisque quelques-uns recevront la radiation directe du soleil.

Les observations de ce genre seraient bien pénibles et rebuteraient l'expérimentateur le plus zélé, si les instruments devaient être observés aux endroits où ils fonctionnent. J'ai cru qu'il était nécessaire d'imaginer un genre de thermomètres, dont les réservoirs seraient placés dans les endroits plus ou moins éloignés dont on a intérêt de connaître la température, tandis que leurs échelles seraient réunies dans un cabinet spécial, où l'on relèverait leurs indications par les procédés photographiques.

Il est difficile de remplir toutes ces conditions d'une façon pratique; je vais décrire les appareils que j'ai imaginés pour cet objet.

Thermomètre à air.

Le thermomètre à air que je propose consiste en un tube cylindrique en argent *ab* (figure 6,) fermé en *a*, et portant une petite tubulure *bc*. Dans cette tubulure on soude, à la soudure d'argent, un fil capillaire d'argent [1],

[1] Je donne le nom de fil capillaire d'argent à un tube d'argent à section ouverte capillaire. Pour exécuter un fil de ce genre, on coule de l'argent fin dans une lingotière en fer qui lui donne la forme d'un tube cylindrique creux, de 10 à 12 millimètres de diamètre extérieur et de 2 à 3 millimètres de vide intérieur. On étire ce tube en longueur sur un fil d'acier bien poli, qui lui conserve à peu près sa section intérieure primitive en la rendant bien égale. Puis, lorsqu'il a pris une certaine longueur, on étire le tube seul à la filière comme un fil plein, en le recuisant fréquemment pour conserver au métal sa grande malléabilité. On parvient ainsi à rétrécir le calibre intérieur

auquel on donne une longueur suffisante pour qu'il puisse s'étendre depuis la place que l'on doit donner au

autant qu'on veut. Pour le cas actuel, il est bon de conserver au fil un diamètre extérieur de 1 millimètre; son calibre intérieur étant alors de $^1/_3$ de millimètre environ.

On fait couramment à Paris, sur mes indications, des longueurs de fil capillaire en argent, sans défaut, de 10 à 20 mètres; ils sont d'une flexibilité parfaite quand ils ont été recuits. Si l'on veut leur donner une longueur encore plus grande, on peut en réunir plusieurs, bout à bout. Pour opérer cette jonction, je fais faire une petite tubulure d'argent d'un centimètre environ de long, dans laquelle les deux fils capillaires entrent à frottement. J'introduis les deux bouts de façon à les amener au contact, chacun occupant à peu près la moitié de la tubulure, enfin je fais faire une bonne soudure à l'argent recouvrant la tubulure. On conçoit que par ce procédé on peut avoir une aussi grande longueur que l'on veut. Il est évident que l'on doit essayer préalablement chaque longueur de fil avant de l'employer. Cela est très-simple : on engage l'une des extrémités ouvertes dans un petit tube de verre fermé où on la mastique; on mastique l'autre extrémité ouverte dans un tube communiquant avec une pompe foulante, à l'aide de laquelle on comprime l'air à l'intérieur. Le tube capillaire, tourné en spirale, étant plongé dans une cuve pleine d'eau, s'il y avait la moindre fissure, on le reconnaîtrait au dégagement des bulles d'air. J'ai rencontré bien rarement ces défauts dans les tubes d'argent que j'ai employés.

Depuis grand nombre d'années je fais un fréquent usage de ces fils capillaires d'argent, même dans des expériences où la pression s'élève à 20 atmosphères et au delà ; je puis assurer leurs bons services et leur très-longue durée.

On peut voir (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. XXXI, p. 537 et suivantes) que des tubes capillaires de platine, de plus grande section, ont résisté à des pressions de plus de 80 atmosphères, pendant plusieurs jours, sans montrer la moindre fuite. Il est difficile cependant de donner aux fils de platine une longueur de plus de 2 à 3 mètres.

J'ai fait étirer des tubes capillaires du même genre en cuivre rouge, et j'en ai obtenu de très-grande longueur; mais ces tubes présentent fréquemment des fissures longitudinales, même quand on les fait avec le cuivre le plus pur, le plus doux. Quelquefois ces fissures ne se montrent pas au premier essai, mais elles se manifestent après quelques jours de service.

réservoir jusqu'au cabinet d'observation. L'extrémité libre de ce fil est soudée dans une petite tubulure d'argent *de*, par laquelle le réservoir du thermomètre à air communiquera avec le manomètre indiquant la pression de l'air intérieur.

Le manomètre, placé dans le cabinet d'observation, se compose d'un premier tube de verre *ef*, terminé par une tubulure plus étroite, qui est mastiquée à l'intérieur de la tubulure en argent *de* terminant le tube capillaire. Le tube *ef* est mastiqué dans une pièce en fer, munie d'un robinet R à trois voies, et qui porte une seconde tubulure dans laquelle on a mastiqué un second tube de verre *hg*, ouvert aux deux bouts. Ces tubes ont le même diamètre intérieur, qui est d'environ 8 millimètres.

Pour monter le thermomètre, on commence par bien sécher l'air dans le réservoir *ab* et dans le tube capillaire qui le termine. A cet effet on met le tube capillaire, par sa tubulure *de*, en communication avec une petite pompe à l'aide de laquelle on en aspire l'air, que l'on fait rentrer ensuite en le faisant passer préalablement par un tube rempli de fragments de pierre ponce, imbibés d'acide sulfurique concentré. Ces opérations doivent être répétées un grand nombre de fois pour obtenir une dessication complète. A l'aide du même procédé on dessèche l'air du manomètre *efgh*, que l'on remplit ensuite de mercure jusqu'à un repère α marqué sur le tube *ef*, le mercure restant au même niveau dans le second tube *hf* qui communique avec l'atmosphère. On mastique ensuite, à la résine, la tubulure *de*, afin d'obtenir la communication hermétique du réservoir *ab* avec son manomètre.

Voyons maintenant comment on peut faire fonctionner cet appareil. Je supposerai d'abord qu'il ne doive pas

fonctionner automatiquement, et que l'observateur soit obligé de relever lui-même ses indications, en prenant avec le cathétomètre, ou à l'aide de divisions métriques tracées sur les deux tubes, la différence de niveau $\alpha\beta$ du mercure dans les deux tubes du manomètre.

Une première expérience lui fixera le zéro du thermomètre à air. Pour cela il enveloppera de glace fondante le réservoir *ab*, ainsi que son fil capillaire qu'il aura tourné en rouleau pour plus de facilité. Il amènera le niveau du mercure dans le tube *ef* exactement au niveau α, et il mesurera au cathétomètre la différence de niveau $\alpha\beta$, qui, à cette basse température, sera inverse de celle que présente la figure. Soient :

V la capacité, en centimètres cubes, du réservoir *ab*, y compris celle, très-petite, du tube capillaire jusqu'à la jonction *de*,

v l'espace, en centimètres cubes, occupé par l'air dans le tube *ef* jusqu'au repère α,

t la température de la pièce où se trouve le manomètre,

H la hauteur du baromètre réduite à 0°,

h la différence de hauteur du mercure, réduite à 0°, dans les deux branches du manomètre,

α le coefficient de dilatation de l'air égal à 0,003665, tel qu'on le déduit du changement de force élastique, le volume du gaz restant constant,

k le coefficient de dilatation cubique du métal formant le réservoir *ab*,

enfin d le poids du centimètre cube d'air sec, à 0° et sous la pression de 760 millimètres.

Le poids de l'air qui remplit l'appareil, calculé avec les éléments de cette expérience, est représenté par :

$$d\left(V+v\frac{1}{1+\alpha t}\right)\frac{H+h}{760}.$$

La glace étant ôtée, on remet le réservoir *ab* dans sa position définitive, en déroulant le fil capillaire.

Lorsqu'on voudra déterminer la température x à laquelle se trouve le réservoir *ab* à un moment quelconque, on ramènera le mercure au même repère α du manomètre, en versant du mercure par le tube *hg*, ou le faisant couler par le robinet R; puis on déterminera la différence de hauteur h' des deux colonnes du manomètre, et la température t' du cabinet. Soit de plus H' la hauteur actuelle du baromètre.

Le poids de l'air remplissant l'appareil, exprimé à l'aide de ces éléments, sera :

$$d\left(V\frac{1+kx}{1+\alpha x}+v\frac{1}{1+\alpha t'}\right)\frac{H'+h'}{760}$$

ou, parce que k est très-petit,

$$d\left(V\frac{1}{1+(\alpha-k)x}+v\frac{1}{1+\alpha t'}\right)\frac{H'+h'}{760}.$$

Ces deux poids doivent être égaux, on a donc :

$$d\left(V\frac{1}{1+(\alpha-k)x}+v\frac{1}{1+\alpha t'}\right)\frac{H'+h'}{760}=d\left(V+v\frac{1}{1+\alpha t}\right)\frac{H+h}{760}$$

et simplifiant

$$\left[\frac{1}{1+(\alpha-k)x}+\frac{v}{V}\frac{1}{1+\alpha t'}\right](H'+h')=\left(1+\frac{v}{V}\frac{1}{1+\alpha t}\right)(H+h).$$

Je pose :

$$\left(1+\frac{v}{V}\frac{1}{1+\alpha t}\right)(H+h)=A,$$

A étant une quantité constante, calculée une fois pour

toutes sur la première expérience faite dans la glace fondante.

On déduit de là :

$$1+(\alpha-k)x = \frac{1}{\frac{A}{H'-h'}-\frac{v}{V}(1+\alpha t')}$$

La valeur du second membre est donnée par un calcul très-court, et on en déduit très-simplement la valeur de x.

Le rapport $\frac{v}{V}$ est très-petit ; on peut d'ailleurs le diminuer autant qu'on le veut, car on peut augmenter sans inconvénient la capacité V du réservoir *ab*. Pour abréger les calculs, on fera une table des valeurs $\frac{v}{V}(1+\alpha t')$ pour toutes les températures t', de degré en degré, qui pourront avoir lieu dans le cabinet d'observation.

Voyons maintenant comment on peut faire fonctionner cet appareil automatiquement, les éléments étant enregistrés par les procédés photographiques.

Je ne puis plus alors ramener le mercure au même repère α pour chaque expérience, afin de rendre le volume v constant; je suis obligé de laisser ce volume varier avec les changements de température et de pression. Mais il faudra choisir entre deux conditions également réalisables :

1° Si l'on veut que le changement de volume du gaz soit toujours très-petit et que l'effet principal consiste dans le changement de force élastique, on donnera aux tubes du manomètre une faible section (4 ou 5 millim.), et une grande capacité au réservoir.

2° Si l'on donne, au contraire, une moindre capacité au réservoir et une plus grande section aux tubes du ma-

nomètre, la dilatation du gaz prendra une plus grande influence, et les hauteurs h' seront beaucoup moindres.

La dernière disposition est plus favorable pour l'enregistrement photographique, parce que les images auront moins de hauteur, et de plus que l'on pourra graver, sur les tubes du manomètre, des divisions métriques qui marqueront photographiquement sur l'image.

Dans les deux cas la quantité de mercure introduite primitivement dans le manomètre doit être telle que, lorsque le réservoir du thermomètre est exposé à la plus basse température qui puisse régner dans la contrée, le mercure ne s'élève jamais au-dessus du répère α du tube *ef*.

Il est utile de remarquer que la quantité de mercure introduite dans le manomètre n'a pas besoin de rester la même ; on peut la varier à volonté en manœuvrant le robinet R, pourvu que le poids du gaz reste absolument invariable. On peut donc, suivant les saisons, augmenter ou diminuer la quantité de mercure du manomètre, et maintenir les images à enregistrer entre des limites peu étendues.

L'appareil photographique est disposé ainsi que je l'ai dit pour le baromètre. On projette sur une glace dépolie, placée en arrière du manomètre, la lumière d'une forte lampe réfléchie perpendiculairement au plan des tubes du manomètre par un prisme rectangle isocèle : On reçoit la lumière sur l'objectif de la chambre noire, qui produit sur la glace sensibilisée une image très-nette des deux ménisques, ainsi que l'image du point de repère α. On ne donne plus ici à la glace sensibilisée un mouvement de transport continu et régulier, comme on le faisait pour le baromètre afin d'obtenir une courbe continue se

rapportant à tous les instants des 24 heures. On inscrira seulement les températures d'heure en heure. A cet effet un mouvement d'horlogerie, semblable à celui qui fait marcher la sonnerie d'une horloge ordinaire, soulèvera un écran bouchant l'objectif, et le laissera soulevé le nombre de minutes nécessaire pour que la glace soit suffisamment impressionnée. Après quoi le même mécanisme baissera l'écran, et donnera en même temps à la glace le mouvement de translation nécessaire pour que l'image suivante ne vienne pas se superposer, ou empiéter, sur celle qui vient de se produire. On relèvera sur l'image développée la hauteur *h* dù manomètre, ainsi que la distance du ménisque mercuriel du tube *fe* au repère α, d'où l'on peut déduire le volume *v*.

Les quantités *h* et *v* seront relevées facilement si l'on a gravé sur les tubes du manomètre des échelles en millimètres, dont les traits sont rendus opaques à la lumière :

L'échelle sur le tube *ef* aura son zéro au point que l'on choisira pour le repère α; ses divisions descendront vers *f*;

L'échelle sur le tube *gh* sera au contraire montante; son zéro sera vers le bas du tube.

La lumière transmise marquera sur la glace de l'appareil photographique la portion de chacune des échelles qui dépasse le ménisque mercuriel; on en déduira la hauteur en millimètres du mercure soulevé. Il suffit pour cela de connaître la division de l'échelle *gh* qui correspond au zéro de l'échelle *ef*. Or rien n'est plus facile que de déterminer cette correspondance sur l'appareil luimême, ou ce qui est encore plus simple, sur les images photographiques.

Pour avoir le volume *v* que l'air occupe dans le tube

ef, il suffit de noter la division à laquelle correspond chaque fois le ménisque mercuriel. Avant de monter l'appareil, on doit déterminer exactement par des expériences préliminaires la capacité depuis l'extrémité *d* de la petite tubulure jusqu'au repère α, c'est-à-dire jusqu'au zéro de l'échelle, puis les capacités successivement croissantes, depuis cette extrémité *d* jusqu'à un certain nombre de divisions de cette échelle, à peu près équidistantes.

Pour cela, lorsque le manomètre n'est pas encore réuni au tube capillaire, on remplit le tube *ef* complétement de mercure, et on tourne le robinet à trois voies R de façon à ne faire écouler que le mercure du tube *ef*, la communication n'existant plus avec le second tube *gh*. On recueille, dans des petits flacons séparés, le mercure qui s'écoule ainsi jusqu'au zéro de l'échelle, puis successivement jusqu'à ce que le ménisque affleure à chacune des divisions choisies. On pèse ces quantités de mercure et l'on a ainsi tous les éléments nécessaires pour calculer, par interpolation, une table qui donnera le volume occupé par l'air dans le tube *ef* lorsque le ménisque mercuriel affleure à l'une quelconque des divisions de l'échelle :

L'équation qui donnera la température x d'après les données d'une expérience sera toujours :

$$1+(\alpha-k)x = \frac{1}{\frac{A}{H'-h'} - \frac{v'}{V}(1+\alpha t')} \quad (1)$$

Dans les conditions que je viens d'indiquer, chaque thermomètre doit avoir un appareil photographique spécial, mais une seule lampe suffit à l'éclairage de tous, en disposant convenablement les prismes réflecteurs.

Je ne me dissimule pas que la plupart des observateurs

trouveront cette disposition bien compliquée, qu'ils seront effrayés de l'emploi du thermomètre à air que l'on considère généralement comme un instrument fragile, exposé à des dérangements fréquents. On évitera les dangers d'altération en défendant les fils capillaires de toute approche dans le champ d'expérience. Je puis dire que j'ai utilisé souvent des thermomètres à air de ce genre, et ils étaient encore en parfait état après six mois de service.

Thermomètre à liquide

Je vais maintenant décrire un thermomètre à alcool, d'une construction simple et qui satisfait à toutes les conditions que j'ai voulu imposer au thermomètre à air.

Il se compose d'un réservoir cylindrique *ab* en argent (figure 7), auquel est soudé un fil capillaire d'argent *acde* ayant la longueur nécessaire pour aller depuis le lieu où devra se trouver le réservoir *ab* jusqu'au cabinet d'observation où l'on disposera le tube mesureur *fg*.

Ce tube mesureur en verre *fg* est choisi aussi cylindrique que possible ; sa section est telle que le degré centigrade occupe une longueur de deux millimètres environ ; cette section dépend d'ailleurs de la capacité qu'on a donnée au réservoir *ab*. La difficulté consiste à faire communiquer, bien hermétiquement, le tube mesureur et le fil capillaire. La figure 8 représente la disposition que j'ai imaginée pour cela et qui a parfaitement réussi. Le fil capillaire *dei* est soudé dans une tubulure en laiton *abc*, dans laquelle le tube de verre T entre presque à frottement ; l'extrémité *i* du fil capillaire surmonte la tubulure de 1 centimètre environ. On verse dans cette tubulure une petite quantité d'une dissolution chaude, au maximum de concentration, de gomme arabique dans

l'eau. Enfin on recouvre la tubulure extérieurement avec du mastic à la résine pour donner plus de stabilité au tube de verre.

Par le refroidissement, la gomme arabique se coagule, elle adhère fortement au tube de verre et à la tubulure métallique. On verse dans le tube un peu d'alcool absolu, qu'on laisse séjourner pendant 24 heures, et qui augmente encore la solidité de la gomme, en lui enlevant son eau : On fait ensuite écouler cet alcool.

Avant d'appliquer le tube jaugeur sur la tubulure *g* figure 7, on a eu soin de remplir le réservoir *ab* d'alcool absolu, coloré en rouge pour rendre la colonne alcoolique dans le tube jaugeur aussi absorbante que possible pour les rayons photogéniques. Lorsque l'appareil est complétement monté, on ajoute de l'alcool coloré, que l'on verse par l'extrémité encore ouverte *f*; on dilate l'alcool du réservoir *ab* par la chaleur pour expulser les bulles d'air du tube capillaire, enfin on laisse dans l'appareil une quantité d'alcool telle que son niveau s'arrête à peu près au milieu du tube mesureur *fg* quand le réservoir *ab* est dans la glace fondante. On ferme à la lampe la pointe *f* de l'ampoule qui termine le tube mesureur, après avoir chauffé le réservoir assez pour que le liquide commence à s'élever dans l'ampoule. On prend cette précaution pour éviter les grands changements de pression dans le thermomètre.

Le thermomètre ainsi construit ne doit être considéré que comme un thermoscope, dont on doit faire la graduation par rapport à un thermomètre à mercure étalon. Le tube *fg* est simplement divisé en millimètres. Le réservoir *ab*, ainsi que son fil capillaire tourné en rouleau, est placé dans une cuve pleine d'eau à côté du

thermomètre à mercure étalon. On porte cette eau, successivement, aux températures + 5°, + 10°, + 15°.... et l'on note la division en millimètres à laquelle le niveau de la colonne alcoolique s'arrête dans le tube *fg*. On fait la même comparaison dans la glace fondante et même dans un mélange réfrigérant pour les basses températures. A l'aide de ces éléments on construit une courbe graphique, dont les abscisses sont les divisions en millimètres du thermomètre à alcool, et les ordonnées sont les températures du thermomètre à mercure. Il suffira donc de lire, sur l'échelle métrique du tube, le nombre de divisions auquel correspond le niveau du liquide, et de chercher la température qui y correspond sur la courbe, ou sur une table qu'on en aura déduite.

Je viens de décrire le mode de construction de l'un de mes thermomètres à alcool; mais je suppose que l'on en construira plusieurs qui devront être observés simultanément. Leurs réservoirs seront disposés dans des places très-différentes, mais leurs tubes jaugeurs seront réunis dans le cabinet d'observation, sur un même plan vertical, et on pourra les rapprocher autant qu'on le voudra. Comme les tubes jaugeurs ne portent qu'une échelle en millimètres, dont le zéro est placé dans le haut, là où le niveau de l'alcool coloré ne s'élèvera jamais pour les plus hautes températures qu'atteindront les réservoirs, il est facile de faire affleurer les zéros de toutes les échelles à l'arête inférieure d'une règle métallique, et de maintenir tous les tubes rectilignes et verticaux. Si, dans ces conditions, on réfléchit à l'aide d'un prisme, ou même d'un miroir, la lumière d'une lampe perpendiculairement au plan des tubes de manière à les traverser, qu'on place en avant, et à une distance convenablement choisie, une chambre

photographique qui donnera, sur une plaque de verre sensibilisée, une image nette de l'ensemble des tubes à un moment déterminé, on aura tout ce qu'il faut pour relever les températures marquées simultanément par les divers thermomètres.

Les échelles métriques, gravées sur les tiges, peuvent être telles qu'elles se dessinent nettement sur la plaque sensible ; on pourra alors noter chaque ménisque sur son échelle spéciale. C'est la disposition la plus convenable. Mais on peut aussi intercaler entre les tiges une règle en verre portant seule la division métrique, laquelle servira pour toutes les tiges. Cette dernière disposition sera plus facile à exécuter.

Il y aura avantage à ne produire l'image qu'au demi ou au quart de la grandeur naturelle, parce qu'alors l'image sera plus nette et qu'elle exigera moins de temps de pose. On aura toujours une précision suffisante, en relevant la position des ménisques sur la plaque à l'aide d'une petite lunette micrométrique.

Le système des thermomètres, tel que je viens de le décrire, peut servir à résoudre plusieurs questions qui n'ont pas été traitées jusqu'ici. Les réservoirs de ces thermomètres sont en argent, on peut leur donner un poli aussi grand qu'on veut, enfin on peut les recouvrir de diverses enveloppes qui modifieront le pouvoir absorbant pour la chaleur.

1° Supposons que ces réservoirs, à des degrés différents de poli, soient disposés en plein soleil, les uns à côté des autres, et que l'on note les degrés de température qu'ils marquent simultanément sous diverses radiations solaires. On connaîtra ainsi l'influence qu'un poli plus

ou moins parfait de la surface d'argent exerce sur la température.

2° L'un de ces réservoirs conservant sa surface d'argent poli, on recouvre la surface des autres de noir de fumée, de papier, de drap, etc., etc., et l'on note les températures qu'ils marquent simultanément sous la même radiation solaire. On répète ces expériences avec des radiations solaires, différentes par leur déclinaison et par le plus ou moins de pureté de l'atmosphère.

3° Enfin, on entoure l'un des réservoirs avec les feuilles des plantes au milieu desquelles on veut le placer pour des observations spéciales, et l'on cherche s'il n'est pas possible de recouvrir un autre réservoir de linge, de papier, etc., etc., de manière qu'il marque sensiblement la même température que le réservoir enveloppé par les feuilles vivantes des plantes. Il est clair que si l'on trouve une enveloppe qui produise cet effet, on pourra se servir d'un réservoir, ainsi enveloppé, pour marquer la température que la plante acquiert au soleil. Si l'on ne parvient pas à réaliser une équivalence parfaite, on choisira l'enveloppe qui s'en approche le plus, et on cherchera par l'expérience même si l'on ne peut pas ramener l'identité par une correction.

4° Jusqu'à présent il est difficile de définir, par suite de mesurer, la température qu'il convient d'inscrire quand on veut étudier l'influence de la chaleur sur le développement des plantes qui croissent à l'air libre. Est-ce la température des couches d'air dans lesquelles elles se trouvent? Dans ce cas les thermomètres doivent être à l'ombre, mais abrités par des écrans qui ne s'échauffent pas eux-mêmes par les radiations solaires. Mais la

plante ne se trouve pas dans ces conditions, puisqu'elle reçoit directement l'action des rayons du soleil.

Est-ce la température qu'indique un thermomètre placé auprès de la plante et soumis comme elles aux radiations solaires ? Mais ce thermomètre indiquera des températures différentes suivant le pouvoir absorbant de son enveloppe.

Doit-on chercher à donner à cette enveloppe un pouvoir absorbant égal à celui des feuilles, des fleurs de la plante ? Mais est-ce possible, car, sous l'influence de la chaleur, les feuilles des plantes exsudent continuellement des gaz, de la vapeur aqueuse, etc., etc. qui doivent occasionner un abaissement de sa température.

Ces questions ne peuvent pas être résolues *à priori*, mais je pense qu'à l'aide des thermomètres que je viens de décrire, on peut faire des expériences préliminaires qui en faciliteraient la solution, et qui indiqueraient certainement aux observateurs les directions nouvelles qu'ils doivent prendre.

Appareils thermoélectriques

Les appareils thermoélectriques semblent se prêter merveilleusement aux diverses conditions que je demande aux thermomètres destinés aux observations météorologiques. On peut, en effet, établir l'une des soudures dans un bassin placé dans une cave, ou dans une nappe d'eau située à une profondeur assez grande dans le sol pour que sa température soit invariable pendant l'année, tandis que l'autre soudure est placée à l'endroit dont on veut connaître la température. Le galvanomètre montre la déviation produite par la différence entre les températures

des deux soudures. La grande longueur qu'il faut donner au fil réunissant les deux soudures, est un inconvénient, car elle diminue beaucoup la sensibilité. Mais l'obstacle principal provient de l'instabilité des appareils de ce genre. Toutes les tentatives que j'ai faites dans des conditions d'installation plus sûres que celles qu'on pourrait réaliser dans des Observatoires météorologiques, ont échoué. On observe fréquemment des dérangements, tantôt momentanés, tantôt durables; je n'ai pas réussi à les éviter, ni même à en reconnaître les causes.

Je ne pense donc pas que, dans l'état actuel de nos connaissances, on puisse recourir à des appareils de ce genre pour les Observatoires. Il serait d'ailleurs bien difficile de faire enregistrer leurs indications par la photographie.

Hygrométrie

La détermination de la quantité d'humidité qui existe dans l'air, aux différents moments, est certainement un élément important à connaître pour l'application de la météorologie à la botanique et à l'agronomie. Je n'ai rien de nouveau à ajouter à l'étude très-longue que j'ai faite, il y a 20 ans, sur les méthodes qui ont été proposées pour déterminer les fractions de saturation de l'air à un instant donné (voyez *Annales de Physique et de Chimie*, 3me série, tome XV, page 129); je me contenterai de résumer les conclusions auxquelles je me suis arrêté alors.

De tous les hygromètres fondés sur l'emploi des substances hygroscopiques, l'hygromètre à cheveu de Saussure est le meilleur et le plus durable. Il peut donner des indications exactes, si l'on adopte la méthode spéciale de

graduation que j'ai décrite, et si l'on a soin de vérifier, de temps en temps, que l'appareil n'a pas subi de dérangement.

Le psychromètre peut donner des résultats exacts, pourvu que l'on veille à régulariser le mouillage du thermomètre. De plus, le psychromètre doit être exposé à l'air libre, sans aucun abri qui le préserve des courants d'air. Enfin je demande que l'observateur veuille bien comparer les indications de son psychromètre, installé dans la position qu'il a choisie, avec la quantité d'humidité déterminée par la méthode chimique d'absorption de la vapeur d'eau. Quelques expériences de ce genre, faites pour des températures différentes, avec des états différents de saturation, enfin avec des vitesses variables de vent, lui fourniront les éléments nécessaires pour le calcul de la constante de la formule d'interpolation qui convient à son psychromètre dans la localité où il est placé.

L'hygromètre condenseur, avec la construction que je lui ai donnée, fournit toujours des résultats parfaitement exacts. Son maniement est facile pour un observateur qui s'y est un peu exercé. Si l'on veut s'en servir en voyage, on peut remplacer le petit aspirateur à eau qui produit le courant d'air par une disposition plus simple, plus portative, par exemple, par un ballon en caoutchouc soufflant l'air par la pression de la main.

Pendant le jour, on peut faire enregistrer par la photographie les indications du psychromètre et même celles de l'hygromètre à cheveu, mais cela est difficile pendant la nuit. Si l'on donne au psychromètre sa disposition habituelle, on n'évitera pas que la lumière de la lampe ne trouble notablement les conditions physiques de l'air

dans lequel l'instrument est placé. On évitera cet inconvénient en remplaçant les thermomètres à mercure par des thermomètres à alcool, disposés comme ceux que j'ai décrits page 223 : les tubes mesureurs, placés dans le cabinet d'observation, sont alors seuls soumis à la radiation lumineuse.

Le psychromètre ne convient pas pour les basses températures ; il est alors très-peu sensible. Enfin on ne peut plus calculer la fraction de saturation de l'air quand l'eau gèle sur la boule humide.

Je pense que l'on doit renoncer à l'emploi de ces instruments dans les Observatoires ; il est préférable de déterminer directement, par pesée, la quantité d'humidité qui existe dans l'air pendant une période donnée de temps. Comme on connaît aussi la température moyenne de l'air pendant cette période, on calculera facilement la fraction moyenne de saturation.

Je vais dire comment je pense que ces opérations doivent être conduites pour donner des résultats véritablement utiles, sans exiger une trop grande dépense de temps aux opérateurs.

Supposons un compteur à gaz, analogue à ceux que l'on emploie pour le gaz de l'éclairage. Notre compteur doit aspirer le gaz, tandis que le compteur ordinaire est poussé par l'excès de pression que le gaz de l'éclairage possède toujours dans les conduites. Mon nouveau compteur doit donc être mis en mouvement par un moteur mécanique.

Le plus simple est de produire le mouvement par la descente d'un poids, régularisée par les oscillations d'un pendule. Le moteur doit marcher au moins 12 heures

sans avoir besoin d'être remonté; cette condition n'est pas difficile à réaliser, parce que le mouvement du compteur dépense peu de force. La vitesse de rotation du compteur sera modifiée à volonté, en faisant monter ou descendre la lentille du pendule régulateur sur sa tige. Je supposerai pour le moment que cette vitesse est telle que le compteur aspire 25 litres d'air par heure. Je supposerai de plus qu'on demande à connaître la quantité moyenne d'humidité contenue dans l'air pour chaque période de 3 heures; ce qui revient à dire que l'on fera quatre déterminations en 12 heures, et par suite huit déterminations en 24 heures.

Je commencerai par décrire une opération isolée; j'indiquerai ensuite les dispositions qu'il convient de prendre pour que les opérations suivantes s'exécutent sans exiger la présence de l'opérateur.

Le compteur est placé dans le cabinet d'observation; un tube de plomb, fixé le long des parois, sort du cabinet et se termine à l'endroit où l'on veut déterminer l'humidité de l'air. C'est dans cet endroit que l'on dispose le tube en U *abc* (fig. 9) destiné à absorber l'humidité de l'air. On le relie, à l'aide de la tubulure en caoutchouc *hg*, avec le tube de plomb se terminant en *ih*.

Ce tube est rempli de pierre ponce, imbibée d'acide sulfurique concentré. La pierre ponce doit être en fragments un peu gros, au moins de la grosseur d'un pois. Lorsque les fragments sont plus fins, ils opposent trop de résistance au passage de l'air. La pierre ponce neuve, concassée en fragments et séparée de la poussière, doit être préalablement imbibée d'acide sulfurique faible, puis calcinée au rouge dans un creuset de terre. Cette

opération préliminaire est nécessaire pour décomposer quelques parties calcaires et des matières organiques qui peuvent se trouver dans la ponce.

La pierre ponce refroidie est ensuite imbibée d'acide sulfurique concentré, égouttée, puis introduite dans le tube en U. On ferme ce tube par deux bouchons, traversés par les tubes en verre recourbés *afg* et *cde*. Les bouchons doivent être recouverts d'un mastic à la résine fondu, pour éviter qu'ils ne puissent changer de poids par absorption ou dégagement d'humidité. Un fil métallique *fkd* permet de suspendre le tube au fléau de la balance pour le peser, et de l'attacher verticalement sur le lieu de l'expérience. Il est bon que ce tube soit contenu dans une petite caisse qui le préserve de la pluie.

On fait une pesée préliminaire du tube, en faisant la tare avec un autre tube semblable, déplaçant à peu près le même volume d'air. Cette précaution ne donne aucun embarras, puisque le même tube tare sert indéfiniment, et elle permet de ne pas se préoccuper de la petite erreur que pourrait produire, sur les deux pesées, une variation notable survenue dans la densité de l'air extérieur entre les deux pesées.

Le tube pesé étant mis en place, on fait partir le compteur et on le laisse marcher pendant trois heures ; on note le volume V d'air qu'il a aspiré : il sera ici d'environ 75 litres. Pour avoir le poids exact P de cet air, il faut noter le volume donné par le compteur, la température moyenne et la hauteur moyenne du baromètre ; mais on a ces derniers éléments par les autres inscriptions de l'Observatoire.

En pesant de nouveau le tube en U, l'augmentation de

poids qu'il aura subie représentera le poids p de la vapeur d'eau qui existe dans un poids P d'air à une température moyenne t. On prend, dans la table des forces élastiques de la vapeur d'eau à diverses températures, la force élastique f_t de la vapeur à saturation à cette température t, et l'on calcule le poids π de vapeur d'eau qui se trouverait dans le poids P d'air s'il était saturé. La fraction de saturation est alors représentée par $\frac{p}{\pi}$.

Je suppose maintenant le cas plus complexe où l'appareil doit faire *automatiquement* quatre opérations successives, chacune de trois heures, sans que l'opérateur ait besoin de s'en occuper. Je me sers alors d'un petit appareil représenté (fig. 10), que je fixe auprès du compteur. Cet appareil se compose d'un tube de laiton ABCD, fermé hermétiquement à l'une de ses extrémités AB, et portant latéralement quatre tubulures O, O', O'' et O''' équidistantes. Un second tube EF, de plus petit diamètre, et fermé à ses deux extrémités E et F, mais portant une tubulure latérale Q, s'engage dans le premier ABCD. Ce tube porte deux garnitures *ab* et *cd*, formant deux pistons à frottement doux. La tubulure Q communique, à l'aide d'un caoutchouc, avec la boîte du compteur, de sorte que l'aspiration se fait à l'intérieur du tube EF. Enfin un orifice P, pratiqué latéralement sur le tube EF, peut venir se placer successivement devant chacune des tubulures O, O', O' et O''', pour y porter l'aspiration faite par le compteur.

Le tube piston EF est tiré constamment de E vers F par un ressort à boudin, mais l'effet de ce ressort est contrarié par l'encliquetage GH.

Chacune des tubulures O, O′, O″, O‴ communique, par l'intermédiaire d'un tube de plomb, avec un tube en U (fig. 9) chargé de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique concentré, et exactement pesé.

Dans la première période de trois heures, le tube piston reste dans la position qu'indique la figure 10; mais lorsque les trois heures sont révolues, l'horloge fait pointer le compteur, ce qui donne le nombre de litres écoulés. Elle soulève aussi, pendant un temps très-court, l'encliquetage G H de façon à ne laisser échapper qu'une seule dent de la crémaillère M N. L'orifice P passe ainsi à la tubulure O′, et l'aspiration de l'air se fait maintenant à travers le second tube absorbant. Ces deux mouvements se réalisent facilement par l'interposition de petits électro-aimants.

Après la seconde période de trois heures, les mêmes mouvements s'accomplissent : le pointage marque le débit du compteur, la tubulure P vient se placer au devant de la troisième tubulure O″, et ainsi de suite.

Une demi-heure avant la fin de la quatrième période, l'opérateur détache le tube absorbant de la tubulure O, et le pèse. L'augmentation de poids représente le poids de l'eau absorbée. Il replace ce tube sur la tubulure O. A la fin de la quatrième période il enfonce le tube piston et le remet dans la position que représente la figure 10; l'appareil est donc disposé à continuer sa marche. Il pèse ensuite, successivement, les tubes absorbants O′, O″, O‴, et les remet aux mêmes tubulures. L'appareil peut ensuite continuer, seul, les déterminations des douze heures de nuit.

Le même tube absorbant, quand il a des dimensions

un peu considérables, peut servir pour trois ou quatre opérations successives, et même pour un plus grand nombre dans les temps froids. Il faut seulement avoir soin de présenter toujours la même tubulure *cde* à l'air arrivant.

On pourrait disposer l'appareil pour fonctionner pendant vingt-quatre heures, sans avoir besoin de le remonter et sans que la présence de l'opérateur soit nécessaire. Il suffirait pour cela d'allonger le tube ABCD, de mettre huit tubulures O,O'...... au lieu de quatre, etc., etc. On peut aussi remplacer l'action du ressort à boudin par un poids qui descend, etc., etc..... Je me contente d'indiquer la méthode générale; chaque observateur choisira les conditions qui lui donneront le plus de facilité.

Lorsque le compteur ne doit servir que pour des expériences isolées, comme celles que le savant exécute de temps en temps, souvent en voyage, sa construction peut être très-simplifiée. Ainsi on peut remplacer l'action motrice du poids par un ressort en spirale, dont l'action sera régularisée par un volant à ailettes.

Dans un Observatoire, il peut arriver qu'on ait à sa disposition de l'eau descendant d'une certaine hauteur. On aura alors une force motrice, facile à régulariser, et qui peut être utilisée de bien des manières pour faire marcher le compteur. Un des moyens les plus simples consiste à se servir de deux compteurs accouplés, dont les deux volants à augets sont montés sur le même axe vertical. L'un de ces volants est mis en mouvement par un courant d'air régulier, qui lui est envoyé, avec un léger excès de pression, par la chute d'eau. Il fonctionne donc comme s'il faisait partie d'un compteur ordinaire à

gaz, et il entraîne dans son mouvement le volant à augets du compteur aspirant, lequel fait passer un volume égal d'air par les tubes absorbants.

Détermination de la quantité d'acide carbonique qui existe dans l'air.

L'appareil que je viens de décrire pour déterminer, par pesée directe, la quantité de vapeur d'eau qui existe dans l'air, peut donner en même temps la quantité d'acide carbonique. La détermination de cette dernière quantité présente, pour l'histoire naturelle, au moins autant d'intérêt que celle de la vapeur d'eau, d'autant plus que, jusqu'à présent, on n'a fait sur ce sujet que quelques observations isolées, qui ne sont guère comparables.

Pour absorber l'acide carbonique de l'air, j'emploie des tubes en U, comme celui qui est représenté par la figure 9; seulement je remplis l'une des branches *bc* avec de la pierre ponce imbibée d'une dissolution moyennement concentrée de potasse caustique, et l'autre branche *ab* de fragments de potasse caustique fondue. La dissolution de potasse absorbe surtout l'acide carbonique; la potasse en fragments arrête ce qui a pu lui échapper et retient en même temps la vapeur d'eau que la dissolution alcaline peut abandonner à l'air sec.

Le tube alcalin est fixé, par sa branche *ab*, au tube de plomb qui communique aux tubulures $0, 0', 0'', 0'''$. A la branche *bc* est adapté le tube desséchant à ponce sulfurique. L'air aspiré par le compteur abandonne donc d'abord sa vapeur d'eau au tube à ponce sulfurique, puis son acide carbonique au tube alcalin. L'opération se conduit d'ailleurs comme nous l'avons dit page 233.

La quantité d'acide carbonique qui existe dans une même localité varie certainement suivant les saisons, mais nous n'avons encore que bien peu d'expériences précises sur ce sujet. Elle n'est probablement pas la même le jour que la nuit, surtout dans la saison où la végétation est très-active. Cette quantité peut varier suivant la direction et la force du vent; enfin elle peut être très-différente dans les divers climats. Il serait notamment très-intéressant de comparer la quantité qu'on en trouve sur les très-hautes montagnes, à celle qui existe simultanément dans les vallées ou dans les plaines peu éloignées. Quelques expériences ont déjà été faites dans cette direction, mais elles ne sont ni assez nombreuses, ni assez précises, pour qu'on puisse en déduire une conclusion certaine.

Comme la quantité d'acide carbonique existant dans l'air est toujours fort petite, on peut augmenter le débit du compteur aspirant, le porter à 50 litres par heure au lieu de 25 litres.

RECHERCHES

SUR LA

CONDENSATION DE LA VAPEUR AQUEUSE DE L'AIR

AU CONTACT DE LA GLACE

ET SUR L'ÉVAPORATION

PAR

Ch. DUFOUR & F.-A. FOREL

Professeurs à Morges.

Les glaciers ont déjà fait le sujet de nombreuses recherches scientifiques relatives à la théorie du glacier considéré en lui-même, ou se rapportant à l'ancienne extension des glaciers au commencement de l'époque quaternaire. Ainsi l'on a étudié attentivement l'origine et la formation des glaciers, leur mode de progression et la cause de leur avancement, la valeur de l'ablation, les moraines, etc.

Mais il est un point de vue qui a été trop négligé et qui est cependant d'une assez grande importance : c'est l'hygrométrie du glacier. C'est l'influence du glacier sur l'atmosphère environnante, et les conséquences qui résultent au point de vue hygrométrique de la présence, pendant l'été, d'une surface considérable dont la température ne s'élève jamais au-dessus de 0°, tandis que les corps voisins se réchauffent plus ou moins en même temps que l'air dans lequel ils sont placés.

MM. les professeurs Ch. Dufour et F.-A. Forel, de Morges, ont pensé que la grande étendue des glaciers devait avoir une influence assez prononcée sur l'humidité

de l'air. En effet, le glacier doit être souvent dans les mêmes conditions que les vitres de nos appartements en hiver, qui, lorsqu'elles sont plus froides que l'air intérieur, se couvrent d'une abondante couche de rosée, ou encore que la surface des carafes d'eau froide qui se ternissent de la même manière. Un glacier est une vitre immense sur laquelle la rosée doit se déposer en fort grande quantité quand les conditions hygrométriques de l'atmosphère sont convenables. C'est pour étudier ce sujet, que, dans l'été de 1870, MM. Dufour et Forel ont été passer quelque temps sur le glacier du Rhône ; ils y ont fait des observations qu'ils ont publiées avec détails dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, année 1870.

Dans leur mémoire, MM. Dufour et Forel rappellent d'abord les principes de physique relatifs à l'évaporation de l'eau et à la condensation de la vapeur, puis ils continuent, de la manière suivante, l'exposé de leurs recherches à ce sujet.

Si nous étudions les conditions hygrométriques et thermométriques de notre vallée du Léman, nous trouvons que le lac est presque constamment dans les conditions de l'évaporation, et très-rarement dans celles de la condensation. En effet, si nous prenons les moyennes de température de l'air et son humidité absolue telles qu'elles nous sont données par les observations météorologiques de Genève, et si nous les comparons avec les moyennes de température du Rhône, à sa sortie du lac, à Genève (nous avons fait ce travail pour les moyennes calculées de 1826-1867, soit 42 années), nous trouvons que la température de saturation de l'air est toujours au-dessous de la température de la surface de l'eau, et cela

d'une quantité fort sensible. C'est au mois de mai et de juin que ces deux valeurs se rapprochent le plus, le lac est encore de 3° plus chaud que la température de saturation de l'air. A partir du commencement de juillet elles commencent à s'éloigner, pour s'écarter au maximum à la fin de décembre; le lac est alors de près de 8° plus chaud que la température de saturation de l'air. Ces deux valeurs restent encore fort éloignées jusqu'au mois d'avril, où elles commencent à se rapprocher. Telle est la marche des températures et valeurs hygrométriques moyennes; mais en réalité il n'en est pas tout à fait de même. Il arrive parfois qu'un jour très-humide élève assez le point de saturation de l'air, pour que celui-ci atteigne et dépasse la température de la surface des eaux; il y a alors condensation à la surface du lac. Mais ce cas est assez rare; nous avons fait, pour l'année 1867, le relevé des jours où les conditions de la condensation se sont trouvées réalisées et nous n'en avons trouvé que 21. Pendant 344 jours le lac a donc dû évaporer.

Supposons maintenant que la température du lac soit constante et fixe à 0°, au lieu d'être variable et d'osciller comme elle le fait entre 4°,4 et 18°,7 dans ses moyennes, entre 0° et 24° et 25° dans ses extrêmes. Supposons, en même temps, que les conditions hygrométriques de l'air restent ce qu'elles sont actuellement, les relations vont bien changer. Pendant 3 ½ mois seulement la température moyenne de saturation de l'air est inférieure à 0° (du commencement de décembre au milieu de mars); pendant 3 ½ mois il y aurait donc évaporation. Mais pendant 8 ½ mois la température moyenne de saturation de l'air est au-dessus de 0°, le maximum arrivant à la fin de juillet par 12°,4; pendant 8 ½ mois les con-

ditions de la condensation seraient donc remplies, et pendant ce temps une quantité considérable de vapeur d'eau devrait se condenser sur cette surface. Si donc, au lieu du lac Léman, nous avions un glacier au fond de notre vallée, les fonctions hygrométriques de l'air seraient notablement altérées, et au lieu d'avoir comme action normale l'évaporation, nous serions presque constamment dans les conditions de la condensation.

Laissons ce glacier hypothétique et transportons-nous sur les véritables glaciers, sur les champs de neige et de glace de nos hautes Alpes. Nous y trouverons des conditions analogues. Il est vrai que dans les grandes altitudes l'air est plus froid, par conséquent il peut contenir moins d'humidité, et sa température de saturation est plus basse. Mais nous y trouvons aussi ces surfaces immenses qui, par leur nature même, ne peuvent s'élever au-dessus de 0°, et ceci doit influer d'une manière très-sensible sur la fréquence relative des phénomènes de condensation et d'évaporation. Sur les surfaces glacées des neiges éternelles, la condensation doit être beaucoup plus fréquente que sur les surfaces liquides des lacs de nos plaines.

C'est pour constater cette condensation de la vapeur d'eau à la surface de la glace, et pour en déterminer si possible la valeur, que nous avons institué quelques expériences directes dont nous allons donner la description. Nous exposerons d'abord la méthode expérimentale que nous avons établie, à la suite d'une première série d'expériences faites à Morges, dans le printemps de 1870.

La première expérience, par laquelle nous avons démontré la condensation de la vapeur d'eau à la surface de la glace, est du 5 mars 1870.

Expérience I. — A 2 $^1/_2$ h. après midi, nous remplissons de neige un plat circulaire de 20 centimètres de diamètre, et, le pesant avec la neige qu'il contenait, nous lui trouvons un poids de 711 grammes. Au bout d'une heure d'exposition en plein air, la neige était en partie fondue, et la balance donnait un poids de 714 grammes, accusant ainsi une augmentation de poids de 3 grammes.

Expérience II. — Un second vase circulaire de 18 centimètres de diamètre, rempli d'un mélange de neige et de sel, a été exposé en plein air pendant le même temps et dans les mêmes conditions. Il pesait au début de l'expérience 672 grammes, à la fin de l'opération 677 grammes.

Il s'était donc condensé à la surface de la neige 5 grammes d'eau.

Deux observations psychrométriques faites pendant cette expérience, ont donné comme état hygrométrique moyen de l'air :

Température de l'air.	10°,3
Humidité absolue.	6^{mm},36
Humidité relative	0^{mm},68
Température de saturation. . . .	4°,4

D'après cette expérience la condensation a lieu dans des proportions assez fortes pour être facilement appréciable à la balance ; c'est donc la balance qui nous servira pour ces recherches.

Nous avons répété cette expérience 23 fois à Morges, la variant chaque fois et en perfectionnant chaque fois le manuel opératoire. Voici le mode d'expérimentation que nous avons en définitive adopté :

Nous avons fait faire des bassins circulaires de cuivre, de 16 centimètres de diamètre et 7 centimètres de profondeur; leur fond aplati permet de les poser d'une manière stable sur le sol. Leur surface supérieure est d'environ 200 centimètres carrés, et ils peuvent contenir 1300-1400 grammes d'eau.

Nous les remplissons jusqu'au bord de glace concassée ou de neige (dans nos expériences la quantité de glace a varié de 700 à 1000 grammes), et nous les pesons exactement.

Nous exposons ces bassins pleins de glace à l'air libre pendant un temps plus ou moins long, une demi-heure, une heure, deux heures, en notant exactement le moment du début et de la fin de l'expérience. Puis nous pesons de nouveau. Le poids total de la glace non fondue et de l'eau de fusion s'est accru s'il y a eu condensation, s'est diminué s'il y a eu évaporation; la différence entre les pesées indique la valeur de cette action, et un simple calcul nous permet de transformer la valeur ainsi obtenue en la rapportant à une surface d'un mètre carré ou d'un kilomètre carré, ou encore en hauteur d'eau répandue à la surface de la glace.

Nous avons soin d'essuyer attentivement, au moment de la seconde pesée, la surface extérieure du bassin, laquelle, lorsqu'il y a condensation, est recouverte d'une abondante couche de rosée. La valeur de cette rosée est trop irrégulière pour pouvoir être considérée comme constante et trop importante pour être négligée. En enlevant à l'aide d'un linge cette couche de rosée, nous supprimons cette cause d'erreur et nous n'avons plus à considérer, comme surface condensatrice que la surface supérieure de la glace.

Voici, comme exemple, l'une de ces expériences :

Le 31 mai 1870, à huit heures du matin, par un temps calme, dans un jardin au bord du lac, à Morges, nous trouvons en 28 minutes un dépôt de 3,70 grammes d'eau sur un plat de 200 centimètres carrés, cela fait 390 grammes d'eau par heure et par mètre carré, ce qui correspond à une couche aqueuse de $0^{mm},390$ d'épaisseur. Pendant ce temps :

La température de l'air était de . . .	16°,1
L'humidité absolue de	$11^{mm},7$
L'humidité relative de	$0^{mm},85$
La température de saturation	13°,7

D'autres expériences nous ont donné ensuite 330, 360 et 570 grammes d'eau par heure et par mètre carré de surface de glace.

Ces expériences montrent que le phénomène de la condensation peut avoir une grande intensité. La moyenne de ces quatre expériences donne, comme valeur horaire de la condensation, $0^{mm},410$, autrement dit, 410 grammes d'eau par heure et par mètre carré de surface glacée, ou encore, 410 mètres cubes d'eau par heure et par kilomètre carré de glacier.

Il est vrai que les conditions hygrométriques et thermométriques sont autres sur un glacier que dans un jardin situé au bord du lac Léman ; il est vrai que sur les neiges éternelles la température de l'air ne monte presque jamais à 16°, et surtout l'humidité absolue à 11^{mm} de tension. Quoi qu'il en soit, le phénomène était intéressant, et nous avons résolu d'aller l'étudier et le poursuivre sur les glaciers eux-mêmes.

Notre intention était de déterminer, si possible, par des

expériences directes faites sur le glacier, la valeur et l'importance du phénomène de la condensation de la vapeur d'eau de l'air. Entendues comme nous les avons faites, ces recherches étaient nouvelles.

En effet, si d'autres physiciens ont abordé l'étude du phénomène de la condensation, ou bien ils l'ont fait à une époque où les lois de l'hygrométrie n'étaient pas assez vulgarisées pour qu'ils aient pu en tirer toutes les conséquences désirables, ou bien ils n'ont pas pu faire et n'ont pas fait les expériences directes que nous avons entreprises.

Hugi [1] a, le 4 janvier 1832, sur le glacier de Grindelwald, commencé des expériences à l'aide de la balance, pesant des blocs de glace qui tantôt augmentaient de poids, tantôt diminuaient; c'était pendant la nuit que ses blocs de glace augmentaient de poids, et, par conséquent, condensaient la vapeur, pendant le jour, qu'ils diminuaient, évaporaient par conséquent. Mais l'absence d'observations psychrométriques qui auraient permis de rapporter ces phénomènes à l'état hygrométrique de l'air, l'impossibilité où nous sommes de rapporter à une unité de surface les valeurs en poids qu'Hugi donne dans ses expériences, nous empêchent d'utiliser ces recherches d'une manière pratique. — Quand du reste, Hugi n'est pas trop préoccupé de ses idées sur la respiration du glacier, ses théories hygrométriques sont assez justes [2].

En 1840, le chanoine Rendu, depuis évêque d'Annecy, dans sa théorie des glaciers de la Savoie, s'occupa attentivement des phénomènes de condensation à la surface des neiges et des glaces. Il ne fit pas d'expériences

[1] *Hugi*, Das Wesen der Gletscher. Stuttgardt, 1842, p. 20-22.
[2] *Hugi*, Die Gletscher und die erratischen Blœcke. Solothurn, 1843.

directes, mais certainement il exagère la valeur du dépôt de la vapeur d'eau en l'estimant à une couche de 30 pouces par an [1]. Son erreur vient probablement de la fausse interprétation qu'il donne au principe physique de la condensation; il croit que toute la vapeur contenue dans l'air doit se condenser à la surface d'une vaste étendue de neige, comme le Mont-Blanc, tandis que nous avons vu que, lorsqu'il y a condensation, ce n'est que l'excès de vapeur d'eau au-dessus du point de saturation de l'air à la température de la glace, qui peut se précipiter sur celle-ci.

Agassiz, dans ses nouvelles études sur les glaciers actuels, en 1847, expose d'une manière très-juste, très-précise et très-claire la théorie hygrométrique de la condensation et de l'évaporation à la surface du glacier; il conclut que ces deux phénomènes doivent probablement se contre-balancer et que l'un doit rendre au glacier la vapeur d'eau que l'évaporation lui enlève. Toujours est-il qu'il n'a pas cherché à apprécier directement la valeur de ces phénomènes. Il est vrai que l'hôtel des Neuchâtelois, situé sur le glacier de l'Aar, à 2400 mètres au-dessus de la mer, était dans des conditions hygrométriques peu favorables au phénomène de la condensation; le point de saturation de l'air était, vu la hauteur de la station, bien rapproché de zéro, et des expériences sur la condensation auraient donné des résultats bien moins évidents que ceux que nous avons pu obtenir dans une station moins élevée.

Nous avons trouvé une excellente station d'expérimentation au glacier du Rhône, où nous avons été nous

[1] *Rendu*, Théorie des glaciers de la Savoie. Chambéry, 1840, p. 27.

établir le 26 juillet 1870. Nous y avons rencontré des conditions particulièrement favorables; un hôtel de premier ordre joignant au confort, qui n'est point à dédaigner même dans les hautes régions, l'accueil gracieux et prévenant de l'hospitalité valaisanne; le passage régulier des postes fédérales et le télégraphe qui nous permettaient de communiquer avec la plaine, et au besoin de nous procurer appareils et instruments; un splendide glacier dont l'abord est partout aisé et dont la surface peu déchirée permet presque partout une circulation facile, situé à quelques centaines de mètres de l'hôtel; toutes ces conditions réunies font du glacier du Rhône une excellente station d'observation et d'expérimentation pour des études comme celles que nous entreprenions, et nous ne saurions assez la recommander aux physiciens et aux glaciologues, du moins pour toutes les expériences qui n'exigent pas la présence ou l'existence des moraines superficielles. Celles-ci ont toutes disparu, en effet, dans le glacier inférieur, bouleversées qu'elles ont été avec le glacier lui-même dans la cascade de glace qui sépare le glacier supérieur du glacier inférieur.

Nous avons commencé par établir, en arrivant, une station d'observations météorologiques, à l'hôtel du glacier du Rhône, par une altitude de 1760 mètres. Il importait pour nous d'avoir un point de comparaison établissant au dehors du glacier les conditions thermométriques et hygrométriques du vallon dans lequel nous allions opérer.

Nous avons fait dans cette station 85 observations météorologiques à toutes les heures du jour et de la nuit.

Nous avons ensuite été choisir une station d'expérimentation sur le glacier; nous l'avons cherchée dans un

point suffisamment rapproché de l'hôtel et de la cabane du gardien de la grotte pour que nous pussions y trouver un refuge en cas de tempête, suffisamment au centre du glacier pour que nous fussions bien réellement dans l'atmosphère glaciaire. Nous avons été nous établir au centre de figure de la partie inférieure de la *coquille* du glacier du Rhône, à 260 mètres de la rive gauche, à 240 mètres de la rive droite, à 240 mètres du front du glacier et par une altitude de 1810 mètres environ.

Si nous n'avons pas été plus haut sur le glacier, c'est que nous avions, pour nos opérations, le besoin d'avoir sous la main des pierres et que, cette année du moins, les pierres n'apparaissaient pas plus haut à la surface du glacier. Il importait, pour l'exactitude de nos pesées, que notre balance fût à l'abri du vent. Nous avions d'abord eu le projet de construire sur le glacier une cabane, où nos instruments et nous-mêmes aurions trouvé abri et refuge contre le vent, le soleil et la pluie; mais une fois sur place, l'absence à peu près complète, à la surface du glacier, des matériaux nécessaires à cette construction, nous fit abandonner ce dessein et nous dûmes songer à nous tirer d'affaire autrement. Après quelques recherches, nous trouvâmes heureusement une large crevasse de 4 à 5 mètres de profondeur, dont une des parois était verticale, et dont l'autre était assez doucement inclinée pour qu'il fût facile, à l'aide de quelques coups de hache, d'y tailler un chemin praticable. Nous creusâmes avec le pic, dans la paroi verticale, une petite grotte ou niche de dimensions suffisantes pour recevoir notre balance, et en fixant au moyen de quatre clous un châle sur l'entrée de cette niche, nous pûmes, protégés comme par la voile des photographes, opérer tranquillement nos pesées parfaite-

ment à l'abri du vent. Les tables, chaises, supports et autres meubles nécessaires, furent bientôt sculptés à coups de hache dans les parois de glace de notre crevasse, et nous eûmes ainsi, à peu de frais et avec peu de peine, une installation aussi pratique que commode pour les opérations que nous avions à entreprendre.

Pour établir solidement le thermomètre sur le glacier, et pour le mettre facilement à l'ombre, nous avons fait construire un trépied très-simple, très-portatif et très-commode. Nous nous permettons de le recommander aux personnes qui pourraient être dans le cas de faire des recherches analogues aux nôtres. Il se compose simplement de trois minces tiges de fer, longues de 45 centimètres et réunies par un anneau. Pour les transports, ces fiches se réunissent et occupent une place insignifiante; pour les expériences, on écarte ces trois tiges de manière à donner à l'instrument la forme d'un tétraèdre.

Une seconde pièce en forme d'étoile à trois branches est alors engagée au milieu de ce tétraèdre, de manière à prévenir l'écartement des fiches si l'une d'elles est exposée à glisser; enfin le thermomètre est attaché d'une part à l'anneau de fer qui réunit les fiches, et d'autre part on l'attache au moyen d'une ficelle au point central de l'étoile. De cette manière, le tout présente un haut degré de solidité, et nous avons constaté plusieurs fois que par de forts coups de vent ce système n'éprouvait pas la moindre oscillation.

Pour préserver le thermomètre des rayons du soleil, nous avions une plaque en fer-blanc, recourbée de manière à ce que son angle dièdre fût égal à l'angle obtus que devait faire avec un plan horizontal une des faces du tétraèdre, lorsque celui-ci était mis en expérience. Sur le

glacier du Rhône, où l'air était toujours assez vif et où nous n'avons jamais eu du reste un soleil bien ardent, nous avons pu constater que cette plaque ne s'échauffait nullement, et, par conséquent, elle ne modifiait pas la température du thermomètre qu'elle devait protéger. Et si nous avions pu craindre qu'elle rayonnât un peu de chaleur, nous aurions toujours pu obvier à cet inconvénient en l'aspergeant avec un peu d'eau du glacier.

Nous allons donner en tableau le résumé des expériences de pesées de glace que nous avons faites à cette station; nous les établirons en série suivant la température moyenne de saturation de l'air. Nous indiquons l'état thermométrique et hygrométrique de l'air d'après la

Expérience n°	DATE	HEURE du début de l'expérience.	DURÉE de l'exposition en minutes.	Température de l'air.	HUMIDITÉ relat.	HUMIDITÉ absol.	Température de saturation	Valeur horaire de la condensation.
				C.		mm	C.	mm
VII	27 juill.	4,15 s.	10	7,8	0,75	5,9	3,5	0,360
VIII	—	8,15 m.	75	4,7	0,87	5,8	2,9	0,158
IX	—	8,05 m.	80	4,7	0,88	5,8	2,9	0,214
X	3 août	9,29 m.	68	6,4	0,76	5,5	2,7	0,188
XI	—	9,29 m.	68	6,4	0,76	5,5	2,7	0,067
XII	27 juill.	9,35 m.	55	4,7	0,85	5,5	2,5	0,125
XIII	—	9,40 m.	65	4,8	0,82	5,4	2,3	0,106
XIV	3 août	8,12 m.	48	7,2	0,71	5,4	2,3	0,059
XV	—	8,12 m.	48	7,2	0,71	5,4	2,3	0,056
XVI	28 juill.	3,07 s.	68	6,7	0,72	5,3	2,0	0,106
XVII	29 —	2 55 s.	50	8,6	0,63	5,3	2,0	0,078
XVIII	28 —	3,03 s.	74	6,7	0,72	5,3	2,0	0,064
XIX	30 —	8,25 m.	100	6,9	0,68	5,1	1,3	0,115
XX	—	8,10 m.	110	6,9	0,68	5,1	1,3	0,062
XXI	1 août	3,35 s.	70	10,8	0,53	5,1	1,2	0,140
XXII	28 juill.	8,00 m.	50	4,0	0,82	5,1	1,2	0,093
XXIII	—	8,50 m	50	4,4	0,80	5,0	1,1	0,111
XXIV	29 —	1,25 s.	80	6,9	0,66	4,9	1,0	0,144
XXV	28 —	9,45 m.	35	4,2	0,78	4,9	1,0	0,055
XXVI	1 août	1,55 s.	75	9,9	0,53	4,8	0,6	0,064
XXVII	—	1,50 s.	90	9,9	0,53	4,8	0,6	0,051

moyenne des observations faites de quart d'heure en quart d'heure pendant l'exposition de la glace à l'air. Quant à la valeur horaire de la condensation, nous l'exprimons en fraction de millimètre de hauteur d'eau précipitée à la surface de la glace, un millième de millimètre représentant un gramme d'eau par mètre carré, ou un mètre cube par kilomètre carré.

Nous avons mis en série ces expériences d'après la hauteur moyenne du point de saturation de l'air, car théoriquement. c'est d'après sa plus ou moins grande élévation au-dessus de zéro que la condensation doit être plus ou moins forte, et effectivement, on voit bien que la quantité de vapeur condensée augmente avec la quantité d'humidité qui se trouve dans l'air. Cependant, cette série est trop irrégulière pour qu'il soit possible de la mettre en courbe.

Abstraction faite des erreurs d'observation, ces irrégularités peuvent provenir de trois causes :

1° La plus ou moins grande agitation de l'air.

2° L'inconstance prodigieuse de l'état thermométrique et psychrométrique de l'air à la surface du glacier. Chaque bouffée d'air, et l'on sait combien rarement l'air est calme dans ces parages, chaque souffle de vent fait sauter les thermomètres dans un sens ou dans l'autre avec une rapidité et une variabilité étonnantes. Or suivant le moment où nous faisions l'observation psychrométrique, nous obtenions souvent une valeur fort anormale de l'état hygrométrique de l'air.

3° L'irrégularité des fragments de glace, de manière qu'il pouvait fort bien arriver que d'une expérience à l'autre, il y ait eu une différence dans la grandeur de la surface gelée que nous exposions à l'air.

Quoi qu'il en soit, en faisant abstraction des irrégularités dues à l'action du vent, à l'inégalité de la surface de la glace et à l'observation de l'état hygrométrique de l'air, en faisant abstraction des erreurs d'observation, nous constatons d'une manière générale :

1° Que la condensation de la vapeur d'eau à la surface de la glace augmente de valeur à mesure que le point de saturation de l'air est plus élevé au-dessus de zéro.

2° Que la valeur de cette condensation est assez considérable.

Dans le phénomène de la condensation nous avons trois temps principaux à considérer :

1° La quantité de vapeur d'eau condensée ;

2° Le desséchement de l'air en contact avec la glace ;

3° L'effet de la chaleur latente dégagée par la condensation.

Reprenons successivement ces trois points de vue :

1° La quantité d'eau condensée à la surface du glacier est considérable ; nous ne pouvons pas nous hasarder à fixer en chiffres définitifs la valeur de cette condensation, mais nous croyons rester au-dessous de la vérité en estimant sa valeur horaire à environ :

$0^{mm},050$ quand le point de saturation de l'air est à			$+1°$
$0^{mm},100$	id.	id.	$+2°$
$0^{mm},150$	id.	id.	$+3°$

Or, une condensation dont la valeur horaire est de $0,150^{mm}$ signifie que, pendant une heure, il s'est déposé en eau à la surface du glacier 150 grammes d'eau par mètre carré, 150 mètres cubes par kilomètre carré.

C'est un dépôt considérable. Si nous supposons un vent chaud amenant au contact des neiges de tout le bas-

sin du Rhône, de l'air dont la température de saturation moyenne serait à $+3°$ (à une tension $5,69^{mm}$), nous aurions par la condensation un dépôt considérable d'eau. La surface des neiges éternelles et glaces du bassin du Rhône est d'environ 1000 kilomètres carrés, nous aurions donc un dépôt horaire de 150,000 mètres cubes, et en vingt-quatre heures 3,600,000 mètres cubes, soit le $\frac{1}{7}$ du débit moyen du Rhône, à Genève.

La condensation directe de la vapeur d'eau à la surface des glaciers est donc un facteur important de l'alimentation des fleuves, et mérite à ce point de vue d'être prise en sérieuse considération.

2° La condensation de la vapeur d'eau dessèche l'air, et cela d'une manière notable. Sans nous arrêter à la sécheresse bien connue de la région des neiges éternelles, sans insister sur la rapidité de la dessication des habits mouillés et des aliments que tous les ascensionnistes ont constatée, sur le peu d'abondance des sécrétions, sur la fréquence et l'intensité des érythèmes et coups de soleil dans les hautes régions, nous prouverons ce desséchement de l'air directement par nos observations.

A la surface du glacier l'air était beaucoup plus sec qu'à l'hôtel du glacier du Rhône, quoique ces deux stations soient fort rapprochées l'une de l'autre (900 mètres environ), et, par conséquent, soumises aux mêmes influences générales.

Il résulte de 85 observations faites à l'hôtel du glacier du Rhône, du 27 juillet au 4 août 1870, à toutes les heures du jour et de la nuit, que la moyenne d'humidité relative a été de $7,5^{mm}$ ou 7,95 grammes de vapeur d'eau par mètre cube.

Il résulte de 90 observations faites dans la même

série de jours, sur le glacier du Rhône, entre huit heures du matin et cinq heures du soir, que la moyenne d'humidité absolue y a été de 5,1^{mm} ou 5,41 grammes par mètre cube d'air.

La différence d'humidité en faveur de l'air de l'hôtel a donc été de 2,54 grammes par mètre cube ; l'air était de 32 pour cent plus sec sur le glacier du Rhône qu'à l'hôtel.

Le détail des observations montrera encore mieux ce fait. Nous indiquerons dans le tableau suivant, pour chaque expérience, la valeur moyenne de l'humidité absolue sur le glacier, et pour l'humidité de l'air à l'hôtel, les deux observations qui précèdent et suivent immédiatement l'expérience.

DATE	HEURE	HUMIDITÉ ABSOLUE DE L'AIR			
		sur le glacier.		à l'hôtel.	
		Nombre des observations	Moyenne.	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
			mm	mm	mm
27 juill.	8,15 m. à 10,45 s.	10	5,57	7,58	8,37
27 —	4,20 s.	1	5,92	8,61	7,62
28 —	8,50 m. à 10,30 m.	6	5,07	6,63	8,00
28 —	3,30 s. à 5,35 s.	10	5,16	7,73	7,48
29 —	1,45 s. à 3,50 s.	11	5,05	8,37	8,33
30 —	8,30 m. à 10,15 m.	8	4,99	7,00	8,28
1 août	11,45 m. à 4,30 s.	19	4,62	5,96	6,11
3 —	8,00 m. à 10,36 m.	19	5,43	7,02	9,79

Si nous tirons de ce tableau les moyennes diurnes de tension de la vapeur d'eau, nous aurons :

Sur la surface du glacier . . . . . 5^{mm},23.
A l'hôtel du glacier du Rhône . . . 7^{mm},67.

Ces chiffres montrent bien l'état de sécheresse remarquable de l'air à la surface du glacier.

D'autres observations faites au-dessus de la cascade de glace du glacier du Rhône, nous donnent le même résultat.

La moyenne de six observations faites le 2 août, entre onze et deux heures du jour, au milieu du glacier, par une altitude de 2350 mètres environ, nous donnent pour la tension de la vapeur d'eau de l'air 4,18^{mm}.

Une observation faite le même jour à 2 heures 50, dans une prairie à quelques cents mètres du glacier et à la même altitude, nous donne pour la tension de la vapeur d'eau de l'air 5,91^{mm}.

Le calcul nous amène du reste au même résultat et nous montre l'action desséchante du glacier sur la couche d'air qui l'environne.

Pendant notre expérience n° VIII, du 27 juillet, nous avons eu une condensation dont la valeur horaire a été de 0,158^{mm}, soit 158 grammes d'eau par mètre carré. La température moyenne de l'air étant de 4°,75, ces 158 grammes auraient été contenus dans 23,6 mètres cubes d'air, si cet air avait été saturé et avait pu livrer toute son humidité.

Mais l'air n'était qu'à 0,87 d'humidité relative. Puis la quantité de vapeur d'eau déposée par la condensation, n'était que la quantité excédant la quantité de vapeur contenue à saturation par l'air à 0°.

L'air aurait été saturé à + 2°,9. Or,

à 0°	un mètre cube d'air peut contenir		4,878	gr. d'eau.
à +2°,9	id.	id.	5,889	»

Donc chaque mètre cube d'air pouvait laisser déposer au maximum 1,011 grammes d'eau.

Donc pour 158 grammes il a fallu l'excès de vapeur contenu dans 156 mètres cubes d'air, en admettant que tout cet air était dans les mêmes conditions hygrométriques que celui qui léchait la surface du glacier.

Le même calcul nous donne pour l'expérience n° XIII, du 27 juillet, à 9 heures 35 du matin :

Température de l'air	4°,7
Humidité relative.	0°,85
Humidité absolue.	5^{mm},5
Température de saturation	2°,5
Valeur horaire de la condensation . . .	0^{mm},125
Épaisseur de la couche d'air desséchée.	146 mètres.

Mais, si au lieu de considérer l'état hygrométrique de l'air à la surface du glacier, nous prenons comme air normal l'état hygrométrique de l'atmosphère avant et après l'expérience à l'hôtel du glacier du Rhône, nous trouverons qu'il a suffi d'une couche d'air beaucoup moins forte pour fournir la condensation que nous avons constatée.

Le 27 juillet, à l'hôtel du glacier du Rhône, nous avions l'état hygrométrique suivant :

Heure.	Température de l'air.	Humidité relative.	Humidité absolue.	Température de saturation.
8 h. 00 m.	10,6	0,79	7,58	7,2
11 h. 50 m.	15,3	0,64	8,37	8,6
Moyennes,	12,9	0,71	7,97	7,9

En calculant, comme nous venons de le faire, le volume d'air qui, dans ces conditions, a pu livrer les 158 grammes d'eau de l'expérience n° VII, nous trouvons qu'il a suffi de 44 mètres cubes d'air. Si donc, nous supposons l'air tel qu'il était à l'hôtel du glacier du Rhône, trans-

porté sur la surface du glacier, il aurait fallu qu'une couche de 44 mètres de hauteur eût livré, pendant cette heure, tout son excès d'humidité, pour fournir à la condensation que nous avons observée.

Il nous a paru intéressant de prouver directement l'action desséchante de la glace sur l'atmosphère, quand celle-ci se trouve dans des circonstances hygrométriques convenables, c'est-à-dire quand la tension de la vapeur y excède 4,60^{mm}.

A cet effet, le 14 janvier 1871, à Morges, dans une salle dont la température était de 12°,5, nous avons pris un vase cylindrique en verre, qui avait 13 centimètres de diamètre et 20 centimètres de hauteur, et qui contenait par conséquent 2,65 litres. Une planche fut placée comme couvercle, et, à cette planche, furent suspendus deux thermomètres pour faire psychromètre, et un petit linge mouillé ; un linge pareil, coupé au même morceau et en apparence mouillé à un degré égal, était placé ailleurs dans la salle. Au fond de la cloche de verre nous plaçâmes des morceaux de glace, qui formaient une couche épaisse de 2 centimètres à peu près.

Voici l'état hygrométrique de l'air contenu dans le vase de verre, à partir de 11 heures 10 minutes, heure du début de l'expérience :

Heure.	Thermomètre		Humidité	
	sec.	humide.	absolue.	relative.
11,10	12°,4	12°,3	10,60	0,99
11,35	9°,8	9°,7	8,92	0,99
19,00	7°,2	5°,7	5,98	0,79
12,45	7°,0	4°,9	5,26	0,70

La diminution de la quantité d'humidité est évidente, surtout par la diminution de la tension de la vapeur. Elle est

sensible même sur l'humidité relative ; et cependant à mesure que la température baissait dans la cloche par le voisinage de la glace, l'humidité relative aurait dû augmenter, si la quantité de vapeur, qui y était contenue, était restée la même.

Quant au linge placé dans le vase de verre, à 12 heures 45 minutes, bien que, encore un peu humide, il était cependant beaucoup plus sec que celui qui était resté suspendu dans la salle.

Nous exprimons donc bien la réalité en attribuant au glacier une puissante action de dessèchement de l'air. Les glaciers et les neiges éternelles agissent, par rapport à l'humidité de l'air des régions avoisinantes, comme pourraient le faire d'immenses éponges imbibées d'acide sulfurique ou des montagnes de chaux vive. Cette comparaison n'est cependant pas parfaitement exacte, car le glacier ne dessèche pas indéfiniment l'air ; il ramène l'humidité absolue à $4^{mm},60$, tension de la vapeur d'eau à 0°. Mais comme cette valeur est, relativement à l'état hygrométrique moyen de l'air, une faible quantité d'humidité absolue, c'est bien une action générale desséchante qu'ont en définitive la glace et la neige de nos Alpes.

3° Le troisième point de vue que nous devons envisager dans la question de la condensation de la vapeur d'eau sur la glace, c'est la chaleur latente. Il y a, dans le changement d'état de la vapeur en eau, dégagement d'une quantité considérable de chaleur latente, à savoir d'une quantité 7,67 plus forte que celle qui suffirait à faire fondre le même poids de glace ; autrement dit, il y a assez de chaleur latente pour faire fondre un poids de glace 7,67 fois plus considérable que le poids de l'eau condensée.

Nous avons vu des valeurs horaires de condensation

de $0^{mm},050$, $0^{mm},100$ $0^{mm},150$. Nous aurons donc par suite de la chaleur latente dégagée, des valeurs horaires de fusion correspondantes de $0^{mm},383$, $0^{mm},767$, $1^{mm},150$, qui entrent pour une proportion importante dans la valeur de l'ablation à la surface du glacier.

Si nous traduisons ces chiffres en mètres cubes de glace fondue par heure et par kilomètre carré du glacier, nous obtiendrons les chiffres suivants : 383, 767 et 1150 mètres cubes d'eau de fusion, due simplement à la chaleur latente dégagée par la condensation.

Donc la condensation doit être considérée, non-seulement comme agissant puissamment pour l'alimentation des torrents glaciaires, mais comme tendant d'une manière énergique à la fusion des glaciers.

Nous formulerons enfin l'action de la condensation dans les deux aphorismes suivants :

Plus grande sera l'humidité absolue de l'air, plus important sera le débit des torrents glaciaires, plus important aussi sera l'ablation et le retrait des glaciers.

Plus grande sera la surface des neiges et des glaces, plus complète sera l'action de desséchement de l'air.

Nous allons aborder la partie de notre travail qui traite de l'évaporation ; mais nous voulons tout d'abord faire comprendre pourquoi nous avons donné beaucoup moins d'attention à ce phénomène qu'à celui de la condensation.

Nous chercherons à montrer comme quoi le phénomène de l'évaporation sur le glacier n'emprunte rien d'anormal à l'état solide de l'eau, tandis que la condensation est dans des conditions toutes différentes, suivant qu'elle se fait sur de l'eau à 0°, ou sur de la glace à 0°.

Pour cela, considérons les phénomènes de l'évaporation et de la condensation d'abord sur de l'eau.

Nous plaçons dans une atmosphère dont la température de saturation est à +20°, un vase plein d'eau à une température de +15°. D'après les lois de la condensation, une partie de la vapeur d'eau contenue dans l'air va se condenser à la surface de l'air, et, par conséquent, abaisser le point de saturation de l'air, supposons à 18°. Mais la chaleur latente dégagée par la condensation réchauffera l'eau et en élèvera la température, supposons-le, jusqu'à 18°. A ce moment, les tensions seront devenues égales et le phénomène s'arrêtera, pour ne recommencer, dans un sens ou dans l'autre, que si l'équilibre est de nouveau troublé.

Inversément, nous plaçons le même vase d'eau à 15° dans une atmosphère d'air dont le point de saturation est à 10°. Il y aura évaporation de la surface de l'eau, absorption de chaleur latente, et refroidissement de l'eau jusqu'à ce que l'air et l'eau aient une tension égale à 13°, par exemple.

Donc, tant que l'eau est entre les températures extrêmes du gel et de l'ébullition, les deux phénomènes de la condensation et de l'évaporation sont directement inverses et opposés dans tous leurs temps.

Il en est de même à l'égard de la glace pour des températures inférieures à 0°.

Mais si l'on place un bloc de glace dans une atmosphère dont le point de saturation est à 5°, il y aura condensation, dégagement de chaleur latente, mais il n'y aura pas élévation de la température de la glace, il y aura fusion.

L'air devra donc faire tout le chemin qui, dans les cas précédents, était fait en partie par l'eau ou la glace, et le point de rencontre entre les tensions ne sera pas, en analogie avec les cas précédents, à +3°, mais à 0°.

Donc, dans le cas de la glace à 0°, les phénomènes de l'évaporation et de la condensation ne sont plus directement inverses. De la glace à 0° se comporte, au point de vue de l'évaporation, comme le ferait, dans des circonstances analogues, de la glace à —15° ou de l'eau à +15°; elle se refroidit. Mais, lors de la condensation, de la glace à 0° se comporte autrement que de la glace à —15° ou de l'eau à +15°; elle ne se réchauffe pas comme elle le ferait sous ces deux dernières formes, elle fond. Et par suite, l'air a lieu d'être desséché dans des proportions ordinaires, correspondant à une différence de 5°, dans l'exemple que nous avons choisi, entre les points de saturation des deux éléments en présence, l'air est desséché dans des proportions extraordinaires et ramené, quelle que soit son humidité absolue primitive, au point de saturation à 0°.

Pour avoir le phénomène directement inverse de la condensation à la surface de glace à 0°, il faudrait s'adresser, non pas à l'évaporation de la glace à 0°, mais à l'évaporation de l'eau à 0°; nous aurions alors le même arrêt dans le changement de température du liquide causé par le dégagement de la chaleur latente nécessaire au changement d'état d'eau en glace.

Mais ce dernier cas ne se présente pas sur les glaciers et les neiges éternelles.

Les phénomènes d'évaporation à la surface du glacier ne sont donc pas dans des conditions anormales comme les phénomènes de condensation, c'est ce qui nous excusera si nous ne les avons pas soumis à une étude aussi attentive que les cas de condensation.

Nous avons, pour nos expériences, dans l'été de 1870, recherché une station où nous eussions surtout représen-

tées les conditions de la condensation. Celles de l'évaporation ne se sont présentées à nous que deux fois : une fois à notre station sur le glacier inférieur, une autre fois sur le glacier supérieur au-dessus de la cascade de glace, par une altitude d'environ 2350^{m}.

Voici le résumé des expériences faites dans ces conditions d'évaporation ; nous indiquerons par un signe négatif, devant la valeur horaire de la condensation, les cas où, avec la balance, nous avons constaté de l'évaporation.

Expérience n°	Date	Heure du début de l'exposition.	Durée de l'exposition en minutes.	Glacier	Température de l'air.	Humidité relat.	Humidité absol.	Température de saturation.	Valeur horaire de la condensation.
					C°		mm.	C°	
XXX	1 août	0,40 s.	60	inférieur	6,2	0,59	4,3	—1,2	0,007
XXXI	2 »	11,40 m.	125	supérieur	7,3	0,54	4,2	—1,3	—0,044
XXXII	2 »	11,45 m.	125	»	7,3	0,54	4,2	—1,3	—0,064
XXXIII	1 »	11,45 m.	60	inférieur	7,2	0,53	4,0	—1,7	0,015
XXXIV	1 »	11,38 m.	62	»	7,2	0,53	4,0	—1,7	0,005

De ce tableau il résulte que, dans les expériences XXXI à XXXII nous avons bien réellement eu évaporation quand les conditions de l'évaporation étaient remplies ; que dans les expériences XXX, XXXIII et XXXIV, au lieu d'évaporation qu'exigeaient les conditions hygrométriques de l'air, nous avons eu augmentation de poids, faible il est vrai, mais cependant augmentation de poids, c'est-à-dire condensation. Cela doit-il rentrer dans les erreurs dues à des causes physiques comme celles que nous avons énumérées plus haut ? Ne sont-ce pas peut-être des erreurs d'expérimentation et des fautes de pesées ? Nous sommes prêts à le reconnaître.

Nous n'avons pas, pour les raisons que nous venons d'exposer, cherché à étudier spécialement le phénomène

de l'évaporation du glacier. Pour donner cependant une idée de l'intensité de ce phénomène et permettre de le comparer avec la condensation que nous avons vue en action, nous allons donner une série d'observations faites avec la balance du 1er au 12 novembre 1870, à Morges, sur une fenêtre exposée au nord. Deux fois par jour, le matin et le soir, nous pesions exactement et en prenant la température, un de nos bassins de cuivre de 200 centimètres carrés de surface, rempli d'eau que nous avions laissé librement évaporer à l'air. Nous en déduisons la valeur horaire de l'évaporation que nous avons traduite en hauteur d'eau, en fractions de millimètre, suivant la règle jusqu'ici employée. Les conditions météorologiques dans lesquelles nous étions placés se sont trouvées assez semblables à celles que nous avons rencontrées pendant notre séjour sur le glacier du Rhône.

Le mémoire publié dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles contient le détail de ces observations. Nous nous bornerons à en analyser une, celle qui a donné pour valeur horaire de l'évaporation $0^{mm},122$, la valeur la plus forte pendant ces 12 jours d'observation. Les moyennes que nous tirons des observations hygrométriques faites au commencement et à la fin de l'expérience sont les suivantes :

Température de l'air.	$5°,8$
Humidité relative.	$0°,64$
Humidité absolue.	$4^{mm},44$
Température de saturation	$-0°,5$
Température de l'eau en évaporation.	$4°,9$

L'air à $5°,8$ aurait eu à saturation une tension de $6^{mm},90$. Il aurait été capable de contenir 7,318 grammes

d'eau par mètre cube. Mais comme il n'avait que $4^{mm},44$ de tension, il n'en contenait en réalité que 4,709 gr. par mètre cube. Il pouvait donc enlever à l'eau 2,609 gr. par mètre cube avant d'être saturé. L'eau était réchauffée par la température plus élevée de l'air et marquait $4^{o},9$, la tension de sa vapeur était de . . . $6^{mm},49$.
La tension de la vapeur d'eau de l'air étant de $4^{mm},44$,
il y avait un excès en faveur de l'eau de . . $2^{mm},05$,
qui explique l'intensité relative de l'évaporation. La chaleur latente absorbée par l'évaporation refroidissait de son côté l'eau, et empêchait qu'elle ne fût réchauffée jusqu'à la température même de l'air, $5^{o},8$. La différence de $0^{o},9$, que nous constatons entre la température de l'eau et celle de l'air, est due au refroidissement produit par l'évaporation.

Supposons maintenant, qu'au lieu d'un bassin plein d'eau, nous eussions eu un bloc de glace. Le bloc de glace, soumis à la température élevée de l'air aurait pu fondre, il n'aurait pas pu se réchauffer; sa température, au lieu de s'élever jusqu'à $4^{o},9$, serait restée à 0°. La différence entre les tensions aurait été de $0^{mm},16$ seulement, et l'air n'aurait pu acquérir de lui que 0,169 grammes par mètre cube. L'évaporation eût donc été beaucoup moins active et beaucoup moins forte. L'air aurait pu se charger d'une certaine quantité d'humidité, mais d'une quantité beaucoup moins forte que s'il avait été en contact avec de l'eau.

De ces faits nous concluons que l'évaporation peut exister à la surface du glacier toutes les fois que la tension de la vapeur d'eau de l'air est moindre de $4^{mm},60$; qu'elle doit exister toutes les fois que le point de saturation de l'air est plus froid que la surface de la glace;

mais que jamais l'évaporation ne peut être très-puissante et comparable aux grandes valeurs que nous a présentées la condensation, car jamais cette évaporation du glacier ne pourra élever la tension de la vapeur d'eau de l'air au-dessus de $4^{mm},60$.

L'air peut donc, s'il est très-sec, enlever une certaine quantité d'humidité à la surface du glacier, mais jamais l'évaporation de la neige ou de la glace n'élèvera sa tension à plus de $4^{mm},60$, ou son contenu en vapeur d'eau à plus de 4,88 grammes par mètre cube. Ainsi la condensation peut être considérable, l'évaporation ne le sera jamais.

Quant à la chaleur latente absorbée par le changement d'état de glace en vapeur, ou à la production de froid due à l'évaporation, ce phénomène doit être aussi manifeste que celui que nous venons de voir dans l'expérience citée. De même que dans de l'air à 5°,8 l'évaporation abaissait la température de l'eau jusqu'à 4°,9, de même la glace est refroidie lorsqu'il y a évaporation, et sa température s'abaisse au-dessous de la température de l'air. C'est ainsi que dans certains cas, par un air très-sec, on peut voir, avec un thermomètre à quelques degrés au-dessus de zéro, la surface de la glace rester gelée et ne donner aucun signe de fusion. Ce dernier cas de la persistance de l'état de gel de la surface de la neige ou du glacier avec un air au-dessus du point de glace, est vrai théoriquement; nous croyons l'avoir remarqué à diverses reprises; mais il mérite de nouvelles constatations, et nous en recommandons l'observation aux ascensionnistes et aux amateurs des hautes Alpes. Il expliquerait du reste bien l'état grenu et poussiéreux de la neige aux hautes altitudes, l'état poussiéreux aussi de la neige des Cordillières de l'équateur.

Il expliquerait enfin, combiné avec le dégagement de *chaleur latente* qui accompagne la condensation, un fait qui a frappé tous les ascensionnistes ; nous voulons parler de la rapidité du changement de qualité de la neige, qui, dure et gelée pendant la nuit, devient molle et tendre pendant le jour. Au matin, la neige est excellente, elle porte bien le poids du voyageur, et la croûte glacée reçoit à peine l'impression des pas. Tout à coup, nous voulons dire en une demi-heure, en un quart d'heure parfois, la qualité de la neige change subitement; elle devient tendre, humide, et le voyageur enfonce jusqu'aux genoux au même endroit où il avait facilement passé quelques instants auparavant. Le soir, phénomène inverse : tout à coup aussi, la neige redevient bonne, dure et sèche là où elle était détestable. Et cependant ni les sensations de la peau, ni le thermomètre n'indiquent de sauts brusques dans la température, qui expliqueraient cette rapidité du phénomène; la température de l'air s'élève lentement, s'abaisse lentement.

Nous trouverons l'explication de cette rapidité de transition dans la combinaison de plusieurs phénomènes naturels : la différence de température de l'air par l'effet ou l'absence des rayons du soleil, l'effet des brises ascendantes et descendantes, et les chaleurs latentes absorbées ou dégagées par l'évaporation ou la condensation. Il est connu qu'au lever du soleil l'air s'élève, et qu'au coucher du soleil il s'abaisse, que le matin il souffle une brise ascendante, que le soir il souffle une brise descendante [1]. Prenons le phénomène à minuit. L'air est froid, au-dessous de zéro, l'air est sec, il y a évaporation, la surface

[1] *De Saussure*, Voyages dans les Alpes, § 1126. — *Rendu*, Théorie des glaciers de la Savoie, page 23, etc.

de la neige est gelée. Le soleil se lève, il réchauffe l'air, mais, n'en augmentant pas l'humidité absolue, laisse continuer l'évaporation, et par suite maintient la surface de la neige gelée. Il réchauffe aussi l'air du fond des vallées, le dilate et détermine une brise ascendante ; de l'air plus humide monte le long des croupes de la montagne. Alors le phénomène hygrométrique devient inverse ; alors à l'évaporation succède la condensation ; à l'absorption de la chaleur latente succède son dégagement, et cela dans les proportions que nous avons vues. Alors la surface de la neige, au lieu d'être refroidie et gelée, reçoit une abondante quantité de chaleur latente dégagée par la condensation, et elle fond. La neige devient mauvaise.

Le soir, au moment du coucher du soleil, la brise du soir fait descendre dans la vallée l'air sec qui vient des hauts sommets ; à une atmosphère relativement humide succède un air très-sec, à la condensation succède l'évaporation, à la fusion le gel. Or l'inversion des phénomènes hygrométriques a lieu subitement, et c'est ce qui explique la rapidité, l'instantanéité du changement d'état de la neige.

En nous basant sur les faits et théories que nous venons d'exposer, nous pouvons résumer l'action hygrométrique du glacier sur l'air, et de l'air sur le glacier dans les aphorismes suivants :

1° Quand l'air contient moins de $4^{mm},60$ d'humidité relative, il peut y avoir condensation à la surface du glacier, il peut y avoir évaporation, suivant l'état relatif des tensions de la vapeur d'eau, de l'air et de la glace. Ces deux actions tendent à se contre-balancer en intensité, et annullent peut-être leurs résultats au point de vue de l'alimentation des glaciers.

2° Toutes les fois que la tension de la vapeur d'eau de l'air est supérieure à $4^{mm},60$, il y a condensation à la surface du glacier.

3° Le résultat total de la condensation et de l'évaporation à la surface du glacier doit être en faveur de la condensation, et cela d'une manière fort notable.

4° Le glacier, par la condensation et l'évaporation, tend à ramener à $4^{mm},60$ la tension de la vapeur d'eau de l'air (il n'y a d'exception à cette loi que dans le cas de condensation à des températures inférieures à 0°).

5° Comme, dans nos climats et nos latitudes, la capacité hygrométrique moyenne de l'air est supérieure à $4^{mm},60$ de tension, le glacier exerce une action desséchante très-puissante sur l'atmosphère.

6° La condensation de la vapeur d'eau, par la chaleur latente qu'elle dégage, tend à lutter contre l'extension du glacier; elle augmente la valeur de l'ablation et la fusion du glacier.

La condensation de l'humidité atmosphérique à la surface des corps gelés explique d'une manière satisfaisante l'importance et l'utilité des neiges de l'hiver, pour l'alimentation des sources. Il est d'expérience et de tradition chez les agriculteurs que, après un hiver neigeux, les sources sont abondantes et bien nourries, que, après un hiver pluvieux, par contre, elles tarissent beaucoup plus vite. Ce fait est facile à expliquer. L'eau qui tombe en pluie ne pénètre qu'en partie immédiatement dans le sol; une partie reste à la surface et, par sa nature même, est exposée à l'évaporation; une grande partie se perd en vapeur. L'eau qui tombe en neige est, dans nos climats du moins, dans des conditions bien différentes. Tant que le thermomètre reste au-dessous de zéro, elle se trouve le

plus souvent dans les conditions de l'évaporation ; mais la capacité hygrométrique de l'air étant, aux basses températures, très-faible, cette évaporation est peu considérable. Aussitôt que le thermomètre s'élève au-dessus de zéro, et que la neige commence à fondre, elle est au contraire, en général, dans les conditions de la condensation, et alors, comme les principes que nous avons exposés sont encore applicables ici, la condensation peut être considérable, avoir une valeur importante et compenser rapidement la quantité de vapeur d'eau que l'évaporation a enlevée.

C'est ce que prouveront les observations suivantes, faites en décembre 1870.

Nous avons profité d'une abondante chute de neige qui vient d'avoir lieu à Morges, les 4 et 8 décembre, pour étudier les phénomènes d'évaporation et de condensation à sa surface.

Nous donnerons d'abord une idée de l'état thermométrique et hygrométrique de l'air, en indiquant les moyennes des observations assez nombreuses que nous avons faites pendant dix jours. Nous indiquons la température du thermomètre mouillé, qui, lorsqu'il y a évaporation à la surface de la neige, peut être considéré comme donnant la température de la surface glacée.

DATE	Nombre d'observations	THERMOMÈTRE		HUMIDITÉ		Température de saturation.
		sec	mouillé	absol.	relat.	
Déc. 5- 7	18	— 5,2	— 5,8	2,65	0,85	— 7,2
» 8- 9	8	— 1,8	— 2,9	3,26	0,82	— 4,6
» 10-12	15	— 1,5	— 2,4	3,48	0,83	— 3,9
» 13-16	13	6,6	6,4	7,11	0,94	6,1

En résumé, pendant cette periode de quatorze jours, nous avons eu, du 3 au 13 décembre, une première série de jours froids et secs, coupée par les chutes de neige des 3, 4 et 8 décembre ; pendant ce temps, la surface de la neige s'est maintenue constamment au-dessous de zéro. Puis, du 13 au 16 décembre, une seconde série de jours chauds et humides, pendant lesquels le dégel et la fonte ont marché avec une grande rapidité.

Voyons maintenant ce qu'ont produit ces circonstances hygrométriques sur les phénomènes de l'évaporation et de la condensation.

Du 5 au 16 décembre, nous avons fait trente-cinq pesées différentes, qui nous ont servi à étudier sans interruption les phénomènes hygrométriques pendant toute la série des douze jours. Nous en grouperons les résultats dans le tableau suivant qui indiquera en résumé les sommes des principales valeurs par nous obtenues. Nous emploierons les mêmes notations usitées jusqu'à présent, en donnant, en fractions de millimètre, la hauteur d'eau évaporée ou condensée pendant un temps donné ; une deuxième colonne donnera la valeur horaire de l'évaporation ou de la condensation. Le signe négatif placé devant ces chiffres indiquera qu'il y eu évaporation, le signe positif, condensation.

Début.		Fin.		Hauteur d'eau totale évaporée ou condensée.	Valeur horaire de l'évaporation ou de la condensation.
Date.	Heure.	Date.	Heure.	mm.	mm.
5 déc.	8,40 m.	8 déc.	8,00 m.	—0,907	—0,012
8 »	8,00 m.	9 »	2,40 s.	—0,187	—0,006
9 »	2,40 s.	13 »	0,05 s.	—0,992	—0,010
13 »	0,05 s.	16 »	6,55 m.	+2,062	+0,031

Donc du 5 au 13 décembre, en 196 heures, il s'est évaporé une hauteur d'eau de $2^{mm},086$, ce qui donne comme moyenne horaire de l'évaporation 0,010.

Du 13 au 16 décembre, en 67 heures, il s'est condensé $2^{mm},062$, ce qui donne une moyenne horaire de condensation de $0^{mm},031$.

La condensation a surpassé en intensité de plus de trois fois la valeur de l'évaporation, et en 67 heures elle a rendu à la neige à $0^{mm},024$ près, la quantité d'eau qui lui avait été enlevée en 196 heures.

Si nous calculons l'épaisseur de neige enlevée par l'évaporation, en prenant pour base le poids du mètre cube de neige fraîche à 85 kilogrammes, nous trouverons que les $2^{mm},086$ d'eau qui ont été évaporés en huit jours, correspondent à une épaisseur en neige de 25 millimètres. Ce qui confirme le proverbe populaire disant que « la bise mange la neige. »

Nous terminons en faisant remarquer l'importance que devaient avoir les phénomènes que nous avons constatés sur nos petits glaciers, alors que, à l'époque glaciaire, une immense calotte de glace partait du sommet des Alpes, pour aller battre sur les flancs du Jura et s'avancer, dans la vallée du Rhône, jusqu'au delà de Lyon; dans la vallée du Rhin jusqu'à la limite actuelle des eaux du Rhin et du Danube. Cette immense surface glacée devait condenser la vapeur d'eau avec une énorme intensité et l'action desséchante sur l'air devait avoir un degré, dont nous n'avons plus aujourd'hui d'exemple. Quelle pouvait être l'influence de ce dessèchement de l'air sur la flore et la faune des pays avoisinants? c'est ce que les études paléontologiques et géologiques devraient ne pas négliger.

Le mémoire de MM. Dufour et Forel se termine par cinq appendices :

Le premier donne la surface des glaciers de la Suisse, spécialement ceux du bassin du Rhône.

Le deuxième est une note sur les brises du lac Léman.

Le troisième est une note sur la température de la source du Rhône.

Le quatrième est une note sur les pierres enchâssées dans la glace du glacier du Rhône.

Le cinquième est une explication du plan du glacier du Rhône et de ses moraines frontales, tel qu'il était le 30 juillet 1870, plan qui accompagne le mémoire lui-même.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

F. ZÖLLNER. DU SPECTRE DE L'AURORE BORÉALE. (*Phil. Mag.*, février 1871.)

Outre la raie verte bien prononcée signalée par Angström, Zöllner a observé une raie rouge qui n'avait pas encore été remarquée. Cette raie ne peut s'apercevoir que dans la portion du ciel qui, même à l'œil nu, paraît être d'un rouge intense. Toutefois on y découvre aussi la raie verte dont l'intensité est telle qu'il est rare que la raie rouge produise une impression optique aussi vive. Dans la partie bleue du spectre on voit quelquefois des bandes un peu vagues parmi lesquelles une large bande noire se montre sur un fond plus brillant.

En comparant ce spectre de l'Aurore boréale avec ceux donnés par l'hydrogène, l'azote, l'oxygène et l'acide carbonique dans les tubes de Geissler, on peut s'assurer que la raie rouge du spectre de l'Aurore ne correspond à aucune des raies les plus brillantes des spectres des quatre gaz. Ainsi le spectre de l'Aurore boréale ne semblerait correspondre dans ses principales raies avec aucun de ceux fournis par des substances connues de notre globe.

Par contre les observations de Winloch et de Young rendraient probable que les raies vertes du spectre fourni par les protubérances observées pendant une éclipse totale de soleil, sont identiques aux trois raies que présentent le spectre, soit de la couronne, soit de l'arc de l'Aurore boréale.

Toutes ces circonstances semblent rendre difficile l'explication de l'Aurore boréale ; Angström va jusqu'à dire qu'il

est impossible d'établir une analogie entre la lumière de l'Aurore boréale et celle que produit le passage de l'électricité à travers les gaz raréfiés, à cause de la différence qui existe entre les spectres de ces deux lumières. M. Zöllner serait plutôt porté à attribuer cette divergence à la différence de température qui existe entre la lumière de l'Aurore et celle des gaz incandescents des tubes de Geissler. En résumé il regarderait comme très-probable que, *si le spectre de l'Aurore boréale ne correspond à aucun spectre connu des gaz contenus dans notre atmosphère, cela tient uniquement à ce que le spectre fourni par l'atmosphère appartient à un autre ordre qu'on ne peut reproduire artificiellement.*

L'auteur appuye son opinion sur différentes considérations que nous exposerons brièvement. Il suppose un tube de Geissler rempli d'air atmosphérique raréfié sous la pression de 1 millim. à la température 0°, et d'un diamètre intérieur de 1 millim. En rendant, au moyen d'un appareil d'induction, incandescent l'air intérieur du tube, on ne changerait rien au spectre produit par cet air incandescent, ni au point de vue de la qualité, ni sous celui de la quantité, si on portait l'épaisseur de la couche gazeuse, par conséquent le diamètre du canal, de 1 millim. à 1000 millimètres, la pression du gaz renfermé étant réduite par compensation de 1 millim. à 1/1000 de millimètre ; il faudrait supposer que la température resterait la même ; on aurait évidemment le même nombre de particules incandescentes à la même température. Mais ce n'est pas ce qui se passe avec l'Aurore boréale.

Les observateurs varient beaucoup quant à la détermination de la hauteur de l'atmosphère à laquelle a lieu le phénomène des Aurores boréales. Toutefois, il paraîtrait qu'en prenant 10 à 20 milles géographiques pour cette hauteur, on dépasserait plutôt la limite à laquelle se trouve située la partie la plus basse de l'Aurore. En supposant la température uniforme de 0°, et partant de la hauteur normale du

baromètre à la surface de la terre, on trouverait la pression atmosphérique de 0,078 millim. à la hauteur de 10 milles, et de 0,0001 millim. à la hauteur de 20 milles. D'un autre côté l'épaisseur des couches lumineuses de l'Aurore doit être estimée non en mètres, mais en kilomètres, de sorte que pour avoir une quantité de molécules équivalente dans un tube de Geissler, il faudrait une pression énorme; ainsi il faudrait dans le tube une pression de 78 mètres de mercure pour une quantité d'air correspondante à celle qui se trouverait à une hauteur de 10 milles dans une couche de 1 kilomètre d'épaisseur. Aussi ne trouverait-on jamais un appareil d'induction ayant une tension assez puissante pour surmonter la résistance de l'air comprimé à ce point. Et, en supposant qu'on réussît à obtenir une tension suffisante, la température produite par la décharge dans de telles conditions serait si élevée qu'on n'obtiendrait qu'un spectre brillant et continu et nullement comparable à celui de l'Aurore boréale.

Il résulte de là qu'évidemment la quantité de particules gazeuses incandescentes dans un tube de Geissler est probablement infiniment petite en comparaison de celles qui se trouvent dans l'Aurore boréale. Mais, puisque malgré cela, le spectre d'un gaz rendu incandescent par l'électricité dans un tel tube, a pour le moins l'éclat de celui de l'Aurore boréale, on peut en conclure que les particules gazeuses incandescentes dans le tube doivent avoir un pouvoir émissif infiniment plus considérable que ne l'ont les particules gazeuses de l'Aurore boréale. Cette différence ne peut provenir que d'une différence de température. Ainsi, *si la lumière qui est développée dans l'Aurore boréale provient des particules de gaz incandescentes de notre atmosphère, la température à laquelle ces particules se trouvent, doit être beaucoup inférieure à celle qui est nécessaire pour rendre les mêmes gaz incandescents dans les tubes de Geissler.*

Il résulte de ces considérations que tous les spectres de

divers ordres qu'on peut produire artificiellement au moyen des gaz, proviennent de particules élevées à de hautes températures, car l'éclat lumineux considérable qui provient d'une quantité si faible de particules incandescentes montre que chaque particule émet une très-forte lumière, ce qui ne peut avoir lieu qu'au moyen d'une haute température. D'un autre côté, si nous observons les spectres plus simples et faiblement lumineux dans l'Aurore boréale et autres phénomènes analogues, quoique vu l'épaisseur considérable des couches rayonnantes, il y ait un très-grand nombre de particules lumineuses, on doit nécessairement admettre que la température de ces particules incandescentes est relativement basse.

Il ne peut donc y avoir identité entre les spectres produits par un très-grand nombre de particules lumineuses, mais ayant une température relativement basse, et ceux qui proviennent d'un très-petit nombre de particules très-fortement incandescentes, et par conséquent élevées à une très-haute température.

Dr L. Bleekrode. Sur une propriété singulière du coton poudre. (*Philosophical Magazine*, janvier 1871.)

L'auteur, à la suite de quelques expériences sur l'inflammation du coton poudre par l'étincelle électrique, avait été conduit à humecter cette substance avec un liquide très-inflammable, tel que le bisulfure de carbone. L'expérience lui a bientôt montré que dans ce cas le liquide seul prenait feu, tandis que le coton poudre restait sans altération au milieu du liquide enflammé, présentant l'apparence d'une petite masse de neige qui se fond lentement. Cette expérience a été répétée en humectant le coton poudre soit avec le bisulfure de carbone, soit avec l'éther, la benzine ou l'alcool. Dans tous ces cas, et quelle que soit d'ailleurs la source d'ignition, les liquides seuls s'enflamment, et le co-

ton poudre ne présente plus aucun danger d'explosion, lors même qu'il se trouve en quantité considérable. Cet effet ne peut être attribué à la présence d'eau, puisqu'on peut se procurer du bisulfure ou de la benzine qui ne renferme pas trace de ce liquide. L'auteur en trouve l'explication dans les résultats obtenus par le professeur Abel, lors de ses recherches « sur la combustion de la poudre et du coton-poudre, » dont il cite le paragraphe suivant : « Ces résultats, dit M. Abel, indiquent que si quelque obstacle vient empêcher, même momentanément, les gaz engendrés par la première action de la chaleur sur le coton-poudre d'envelopper complétement l'extrémité allumée du coton, l'inflammation de ces gaz ne peut continuer à avoir lieu. Or, comme c'est à la température élevée produite par cette inflammation qu'est due la combustion rapide et complète du coton-poudre, l'extinction momentanée de ces gaz, jointe à la quantité de chaleur rendue latente au moment où ils se forment, force le coton-poudre à ne brûler que lentement et d'une façon incomplète, lui faisant subir une transformation analogue en quelque sorte à la distillation destructive. » A l'appui de cette assertion, M. Bleekrode cite plusieurs expériences faites en brûlant du coton-poudre à l'état compacte, soit à l'air, soit dans le vide, soit renfermé dans des tubes étroits. Si l'on met le feu à une petite quantité de coton-poudre placé dans un tube ouvert aux deux extrémités, et mouillé avec le bisulfure de carbone ou tout autre liquide très-volatil, il devient facile de recueillir quelques-uns des gaz résultant de la distillation qui a lieu, parmi lesquels on distingue l'odeur bien connue de l'acide nitreux.

Le professeur Abel a constaté que de la poudre à canon, lorsqu'elle se trouve dans les mêmes conditions que le coton-poudre, se comporte tout autrement. C'est ainsi qu'ayant renfermé 14 grains de poudre à canon dans un appareil où la pression équivalait à 0,65 pouce de mercure, il a remar-

[1] *Proceedings of the Royal Society*, 1863-64, vol. XIII, p. 214.

qué que cette poudre, mise en contact avec un fil de métal chauffé au rouge, a commencé par émettre des vapeurs sulfureuses, puis au bout de trois minutes a fait explosion. Le même fait s'est présenté en posant sur un disque de métal quelques grains de poudre à canon humectés avec le bisulfure de carbone; le bisulfure s'est allumé immédiatement, tandis que la poudre n'a fait explosion qu'au bout d'un certain temps.

L'auteur termine en faisant remarquer qu'on peut conserver dans une flasque du coton-poudre sous une couche de bisulfure de carbone ou de benzine, sans qu'en cas de feu il y ait aucun danger d'explosion. Il suffit ensuite de l'exposer pendant quelques instants à l'air pour lui rendre des propriétés explosives.

A. Seebeck. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, etc. Sur la vitesse de propagation du son dans des tuyaux. (*Pogg. Ann.*, tome CXXXIX, p. 104.)

La transmission du son, dans les tuyaux, a été étudiée en dernier lieu par plusieurs physiciens. M. Kundt [1] a appliqué à ces recherches la méthode imaginée par lui, et qui consiste à mettre en évidence le mouvement vibratoire de la colonne d'air enfermée dans le tuyau à l'aide de figures acoustiques produites avec des poussières fines. M. Regnault [2] a opéré ses mesures directement sur de longues conduites. Tous deux concluaient à ce que la vitesse de propagation du son dans des tuyaux diminue avec le diamètre de ces tuyaux. M. Seebeck a repris cette étude avec la méthode des interférences imaginée par M. Quincke [3], en la modifiant seulement de manière à faire du tuyau même, sur lequel il opérait, le tube d'interférence. Cette méthode a sur celle de

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1868, tome XXXI, p. 256.
[2] *Archives*, 1868, tome XXXI, p. 316.
[3] *Annales de Poggendorff*, tome CXXVIII, p. 177.

M. Kundt l'avantage de laisser le tube libre, et de ne pas exiger l'introduction, dans son intérieur, d'une certaine quantité de poussière qui pourrait un peu modifier les résultats. Un diapason placé devant l'ouverture du tube imprimait son mouvement vibratoire à la colonne d'air renfermée dans le tube.

Les conclusions de ce travail sont les suivantes :

1° La vitesse de propagation d'un son dans un tuyau diminue avec le diamètre de ce tuyau. Sur ce point cependant les résultats ne furent tout à fait nets qu'avec des tubes d'un très-petit diamètre, 9^{mm}, par exemple, et au-dessous. Cette vitesse *a fortiori* est plus faible dans un tuyau que dans l'air libre. Dans des tuyaux étroits, la diminution que subit la vitesse de propagation du son est inversément proportionnelle au diamètre du tuyau.

2° La vitesse avec laquelle un son se transmet dans un tuyau est plus grande pour les sons hauts que pour les sons bas.

3° La perte de vitesse n'est pas, comme M. Kirchhoff l'avait admis, inversément proportionnelle à la racine carrée du nombre des vibrations ; elle paraît être, d'après les expériences de M. Seebeck, inversément proportionnelle à la puissance $\frac{1}{2}$ de ce nombre.

4° Enfin, cette vitesse varie avec la nature de la surface intérieure du tuyau. E. S.

J.-L. SORET. SUR LA DISPERSION ANORMALE DE QUELQUES SUBSTANCES.

M. Christiansen et M. Kundt ont fait récemment des expériences très-remarquables sur la dispersion anormale que produisent certaines substances, telles que les dissolutions concentrées des couleurs d'aniline, du permanganate de potasse, etc.[1] Un prisme formé d'un de ces liquides maintenu

[1] Voyez *Archives*, février 1871, page 187.

entre deux lames de verre donne lieu à un spectre dans lequel l'ordre des couleurs n'est pas le même qu'avec les substances ordinaires : le bleu et le violet sont moins déviés que le rouge.—L'expérience faite sous cette forme présente assez de difficulté, parce que ces dissolutions étant très-fortement colorées la lumière ne peut traverser qu'une couche très-mince de liquide, et qu'il faut par conséquent faire passer le faisceau très-près de l'arête du prisme.

L'importance de ce fait n'aura échappé à aucun physicien, aussi je crois qu'il y aura quelque intérêt à en indiquer une conséquence que l'on peut rendre évidente par une expérience facile à répéter. Elle consiste à produire l'inversion du spectre en introduisant la dissolution que l'on veut examiner dans un prisme creux d'un angle de 30° environ, et à placer ce prisme dans une auge, dont deux faces opposées sont formées de lames de verre parallèles, remplie du liquide qui a servi à dissoudre la substance à dispersion anormale. On peut alors observer le spectre interverti sur une dissolution moins concentrée et par conséquent plus transparente que lorsqu'on laisse le prisme dans l'air. Je vais citer quelques exemples :

Fuchsine. — On prend un spectroscope, on en enlève le prisme ordinaire que l'on remplace par le prisme creux rempli d'une dissolution alcoolique concentrée de fuchsine. Si l'on opère avec un faisceau de lumière intense tombant très-près de l'arête du prisme, on parvient à voir le spectre interverti, sans employer l'auge dont j'ai parlé, c'est-à-dire en laissant le prisme dans l'air. — Avec une dissolution de fuchsine peu concentrée, le spectre est normal, le rouge étant moins dévié que le violet.— Avec une dissolution d'une concentration intermédiaire, le spectre se réduit à peu près à une seule bande lumineuse colorée en rouge; dans ce cas la dispersion inverse produite par la fuchsine est compensée presque exactement par la dispersion opposée que produit l'alcool servant de dissolvant : on a déviation sans dispersion.

Plaçons maintenant le prisme rempli de cette dernière dissolution dans l'auge pleine d'alcool, la déviation générale des rayons sera presque complétement annulée, mais la dispersion anormale de la fuchsine se manifeste, le rouge étant plus dévié que le violet. Il n'est plus nécessaire d'employer une lumière aussi vive, ni de faire tomber le faisceau aussi près de l'arête.

En mesurant les angles de déviation, pour cette dissolution, j'ai trouvé que lorsque le prisme était placé dans l'air, la déviation de la bande rouge était de 11° 30′ environ. Lorsque le prisme était dans l'alcool, le violet était à peine dévié, le rouge de 15′ et l'orangé-jaune de 23′.

Avec une dissolution de fuchsine beaucoup moins concentrée, la déviation du violet était encore presque insensible, celle du rouge de 6′, celle de l'orangé-jaune de 16′.

Ainsi pour les rayons violets, les dissolutions de fuchsine ont presque le même indice de réfraction que l'alcool; pour les rayons rouges, l'indice de la fuchsine est plus fort.

Violet d'aniline (Parme).— Avec une dissolution aqueuse de cette substance, le prisme étant placé dans l'air, on a obtenu un spectre normal où toutes les couleurs étaient visibles, la déviation du rouge était 10° 24′, celle du violet à 10° 43. En plaçant le prisme dans l'auge remplie d'eau, le spectre, très-peu dévié, se réduisait à deux bandes, l'une bleue, l'autre rouge carmin, empiétant l'une sur l'autre quand la fente du spectroscope n'est pas très-étroite. En employant la lumière solaire, on distinguait en outre une trace de vert à l'extrémité du spectre du côté de la bande bleue. La déviation du bleu était de 1′, celle du rouge de 4′.

Permanganate de potasse. — Le prisme placé dans l'air étant rempli d'une dissolution de permanganate de potasse, on a obtenu un spectre normal : le rouge était dévié de 10° 33′, et le violet de 10° 53′. En plaçant le prisme dans l'eau on a obtenu, pour la déviation du violet 6′, pour celle du rouge 9′, pour celle du jaune 12′.

On voit par ces chiffres combien l'addition de substances à dispersion anormale diminue le pouvoir dispersif du dissolvant sans changer beaucoup son indice de réfraction moyen. En augmentant de plus en plus la concentration de la dissolution, le pouvoir dispersif devient nul, puis négatif.

L'expérience en plaçant le prisme dans l'auge remplie du dissolvant, présente plus d'intérêt pour les dernières substances dont j'ai parlé que pour la fuchsine; en effet le violet d'aniline et le permanganate de potassse doivent être en solution extrêmement concentrée pour donner le spectre interverti lorsqu'on place le prisme dans l'air; l'observation devient alors beaucoup plus difficile qu'avec la fuchsine.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr Chr. LUTKEN. SUR LES LIMITES ET LA CLASSIFICATION DES GANOIDES. (Lettre adressée à M. le professeur Geinitz, et communiquée par l'auteur.)

Copenhague, le 15 mai 1870.

Vous avez désiré, M. le professeur et rédacteur, de recevoir un résumé de mon mémoire sur les limites et la classification des Ganoïdes [1]; cependant, l'intérêt que vous avez bien voulu témoigner pour mon ouvrage, s'affaiblira peut-être notablement, quand je vous dirai que, scientifiquement, il ne renferme que peu de chose de nouveau. Je n'ai eu d'autre but que d'établir, de préciser et d'exposer les résultats auxquels est parvenu la science, touchant la question importante ci-dessus indiquée; et son importance, quelle qu'elle soit ne tiendra qu'au nombre, nécessairement restreint, de ceux qui auront eu le temps, la patience et le loisir d'approfondir eux-mêmes ces résultats par leurs propres études. Certes, l'histoire de la paléichthyologie démontre bien évi-

[1] Dr Chr. Lütken, *Om Ganoidernes Begrændsning og Inddeling.* Kjöbenhavn, 1869.

demment que, jusqu'ici, il n'a pas régné une clarté parfaite sur cette question, en partie parce que plusieurs des auteurs les plus éminents n'ont malheureusement pu prendre une connaissance exacte des ouvrages de leurs devanciers. De là, en partie du moins, cette incertitude sur la définition et les limites des Ganoïdes, sur le rang qu'ils doivent occuper dans l'échelle zoologique, sur la manière de les subdiviser, etc. N'avons-nous pas vu André Wagner, dont les mémoires sur les poissons du calcaire lithographique sont un des plus beaux triomphes de la paléichthyologie, depuis les grands ouvrages de M. Agassiz, se contenter d'une définition applicable seulement à un terrain particulier, et Rodolphe Kner, le savant ichthyographe des époques modernes et anciennes, émettre l'opinion qu'il n'y avait, au fond des choses, pas de Ganoïdes du tout, et que les formes rassemblées sous ce nom, n'étaient autre chose que les prototypes des différentes familles ichthyologiques modernes, n'ayant de commun qu'un caractère d'antiquité ! C'est l'Angleterre et l'Allemagne méridionale qui ont été les principaux centres des études paléichthyologiques modernes; mais malheureusement les auteurs anglais se sont généralement, je parle ici d'un temps qui appartient déjà au passé, peu informés des ouvrages de leurs collègues des bords du Danube, et *vice versa;* ainsi le mémoire important et excellent de M. Huxley sur la classification des poissons du système Dévonien, ouvrage faisant vraiment époque dans la paléichthyologie, est demeuré presque inconnu sur le continent.

La première partie de mon ouvrage a le caractère exclusivement historique et critique, et ne sera mentionnée ici que très-brièvement, quoique servant de base à la suivante. J'y ai montré, passant en revue les écrits plus ou moins importants sous ce point de vue [1] d'Agassiz, de Jean

[1] On trouvera à la fin de mon mémoire une liste des principales publications sur cette division de l'ichthyologie depuis 1841 jusqu'en 1869.

Müller, de Stannius, de Gegenbaur, de Williamson, de Kölliker, de Heckel, de Wagner, de Huxley, de Kner, etc., que l'on n'a jamais été capable de donner une définition exacte de ce que c'est qu'un Ganoïde; ni les caractères extérieurs dits zoographiques, ni ceux empruntés à l'anatomie et à l'histologie (c'est-à-dire à l'examen microscopique des écailles) n'ont pu remédier à ce défaut. La place restreinte que vous accorderez à ce résumé m'empêchera cependant de me prononcer ici sur tous les points de la structure extérieure et intérieure de ces animaux, auxquels on a attribué une importance plus ou moins grande, plus ou moins justifiée quant à la classification. Je m'en tiendrai au témoignage de feu M. Kner, qui a dit avec tant de raison qu'il sera impossible de donner une définition quelconque de l'ordre des Ganoïdes, si l'on veut maintenir les limites qu'on lui assigne encore généralement, et je me range aussi de son côté, quand il propose subsidiairement d'en restreindre les limites et de les abaisser du rang de sous-classe ou d'ordre à une place moins élevée dans l'échelle du système. Mais je suis loin de pouvoir approuver sa proposition principale de rayer complétement cette tribu des cadres zoologiques, proposition qui n'est, au reste, appuyée d'aucun renseignement sur la répartition éventuelle de ce grand ensemble de types divers dans les autres sous-ordres de la classe des poissons, ce qui serait d'ailleurs, ainsi que nous le démontrerons bientôt, tout à fait contraire à la nature.

La méthode théorétique ou construisante, celle des caractères zoographiques ou zootomiques, ayant donc échoué, il faudra appliquer à cette question *la méthode synthétique* ou comparative, œuvre de fatigue et de patience, il est vrai, mais conduisant toujours sûrement au but : c'est-à-dire, celle qui consiste à ranger les types connus selon leur affinité, l'ensemble des caractères, espèce par espèce, genre par genre, jusqu'à ce que les familles soient formées; puis, en se rattachant de même, sans aucune idée préconçue, les familles

l'une à l'autre, vous en viendrez à établir peu à peu des groupes d'un ordre plus élevé, et vous verrez enfin surgir devant vous le vraie système naturel, dont les subdivisions et les définitions auront pour base solide l'expérience, l'ensemble des faits. Il faudra donc borner, provisoirement du moins, le nom de Ganoïdes aux types actuels indubitables, c'est-à-dire aux *Lépidostées* et aux *Polyptères*, et aux types fossiles qui se grouperont naturellement autour d'eux, en donnant des preuves de leur affinité, rendues incontestables par la concordance absolue des caractères importants, tandis qu'il faudra éliminer de même, provisoirement au moins, toutes les formes entre lesquelles et les précédentes notre méthode comparative, synthétique, sera hors d'état d'établir aucun lien de parenté. Le tableau que nous offrira, après une investigation scrupuleuse de cette sorte, le sous-ordre des Ganoïdes, sera à peu près le suivant :

I. Première série : Les *Lepidostéides* ou *Euganoïdes* comprendront les poissons à écailles osseuses, émaillées, rhomboïdes et articulées, se rattachant aux *Lépidostées* actuels, et ne possédant ni les côtes dermales des *Lépidopleurides*, ni les nageoires paires, frangées ou en forme de rame des *Polyptériens*, ni les plaques gulaires, au lieu des rayons branchiostègues de ceux-ci [1]. Quoique formant en apparence un ensemble très-naturel, il n'y a aucune particularité positive qui les caractérise d'une manière absolue et exclusive. Ils ont, quant aux écailles du corps, des caractères communs avec une partie des *Polyptériens* ; celles dites fulcrales, des bords des nageoires, qui se trouvent au moins chez la plupart des *Lépidostéides* fossiles, se trouvent également chez les *Lépidopleurides* anciens et chez quelques vrais *Téléostéens* du terrain jurassique, à l'exception des *Lépidostées* actuels, les *Lépidostéides* fossiles paraissent avoir eu un caractère commun dans

[1] A la seule exception du genre *Cheirolepis*, seul type *dévonien* de toute la série, indiquant par ses plaques gulaires une certaine parenté avec les *Polyptériens* contemporains.

les délicats et nombreux rayons des nageoires et de la membrane des ouïes; enfin, la position peu reculée des nageoires ventrales, sur le milieu du ventre, les distinguera aussi des *Polyptériens* à écailles semblables. Quoique cette série embrasse un très-grand nombre de genres, qu'on trouvera mentionnés en grande partie dans mon mémoire, il me paraît encore impossible de la subdiviser d'une manière naturelle en tribus ou en familles. On pourra peut-être distinguer entre les genres à grandes écailles et ceux à petites écailles, entre les types hétérocerques et subhomocerques; on aurait ainsi une division quaternaire comme celle-ci :

1.	Lépidostéides	hétérocerques	microlépidotes :	*Cheirolepis.*
2.	»	homocerques	»	*Sauropsis.*
3.	»	hétérocerques	macrolépidotes :	*Palæoniscus.*
4.	»	homocerques	»	*Lepidotus.*

Mais il me paraît impossible de tracer des limites fixes entre ces groupes, plutôt artificiels que naturels. On a proposé aussi de subdiviser les *Euganoïdes* en « monostiques » et « distiques, » selon l'arrangement simple ou double des écailles bordant les nageoires; mais il nous manque encore des renseignements suffisants pour pouvoir adopter cette classification, si même elle a un fondement réel dans la nature! Tout le monde sait qu'il y a une différence d'époque entre les *Euganoïdes* dits « hétérocerques » et ceux dits « homocerques, » ou mieux « simorrhaques; » mais la ligne de démarcation n'est pas si nettement tranchée qu'on l'a cru. Déjà, dans le système Permien, il y a des espèces (rapportées au genre *Palæoniscus*) demi-hétérocerques seulement, tandis qu'il se trouve encore dans le terrain liasique des genres absolument hétérocerques (*Oxygnathus*, *Cosmolepis*); généralement, il se manifeste néanmoins un progrès évident de la forme hétérocerquê à celle dite homocerque ou en évantail, parrallèle à la marche des époques géologiques. Un progrès semblable se prononce aussi, d'une manière moins nette peut-être, dans la structure de l'épine

dorsale. Aucun Lépidostéïde ne nous offre de véritables corps de vertèbres biconcaves; à l'exception des *Lépidostées* actuels, vous trouverez *ou bien* une notochorde nue, sans trace quelconque de corps de vertèbres, les apophyses des vertèbres les intérapophysaires, l'arc scapulaire, les rayons des nageoires, etc., étant en même temps bien développés et assez ossifiés; *ou bien* des *demi-vertèbres*, c'est-à-dire des plaques superficielles, dérivant des neurapophyses et des hémapophyses et recouvrant la notochorde complétement ou en partie, simulant assez souvent, en se touchant ou se couvrant réciproquement, de fausses vertèbres; *ou bien* formant ensuite, en se fondant entre elles, des *vertèbres* dites *annulaires*, différant toutefois des vrais vertèbres de poissons par leur superficie lisse et leur intérieur osseux, renfermant la notochorde presque entièrement développée. Au reste, j'engagerai le lecteur qui voudrait avoir de plus amples informations sur ce sujet, à consulter surtout les ouvrages de MM. Heckel et Wagner.

II. Deuxième série : Les *Lépidopleurides* ou *Pycnodontiens* se caractérisent surtout par les côtes dermales particulières [1] qui en protégeaient les flancs, au moins sur la partie antérieure du corps, et qui tenaient suspendues les écailles (assez délicates quelquefois), rhomboïdes, non articulées, mais enchâssés d'une manière toute particulière les unes dans les autres. Généralement il y a aussi dans la forme du corps quelque chose de très-caractéristique, qui permet aussitôt de distinguer ce type *éteint* bien tranché et assez remarquable. Si l'on en connaissait seulement les représentants les plus récents, on pourrait se douter de leur véritable posi-

[1] J'ai suivi ici les vues de M. Heckel touchant cette partie de leur organisation ; selon M. Egerton, ces côtes dermales sont seulement la partie antérieure et épaissie des écailles. Pour la question de classification qui nous occupe ici, cette différence a peu d'importance ; le caractère persiste, lors même que la manière dont il a été exprimé se trouverait être fausse.

tion dans le système, tant ils s'éloignent du type *Euganoïde*; mais il y a une série non interrompue, conduisant directement des *Pycnodontes* éocènes aux *Platysomes* paléozoïques, que personne n'a eu l'idée d'exclure des Ganoïdes, et démontrant jusqu'à l'évidence la filiation de tous ces êtres. C'est une branche particulière, qui s'est séparée, pendant l'époque de la houille, du tronc commun des *Ganoïdes*, et qui a continué, dans le cours des temps, de s'éloigner de plus en plus de son point de départ, de se développer d'une manière de plus en plus parfaite, et de s'épanouir dans une foule de genres bien tranchés, jusqu'à ce qu'elle atteignit le but de son existence durant l'époque éocène. La classification des *Lépidopleurides* nous reproduira l'image de cette marche géologique.

a. Les *Lépidopleurides paléozoïques* ou *Platysomiens*, à écaillure du corps et à côtes dermales complétement développées, à écailles fulcrales bordant les nageoires, à notochorde nue, à demi-vertèbres peu ou point développées, etc. Les *Platysomes* et les genres voisins appartiennent au terrain carbonifère et au permien.

b. Les *Pleurolépides* liasiques diffèrent des *Platysomiens stylodontes* seulement par leur homocercie bien prononcée.

c. Les *Pycnodontiens vrais* des temps jurassiques, crétacés et tertiaires sont homocerques eux aussi, mais les écailles fulcrales font ici défaut; les demi-vertèbres sont développées d'une manière plus ou moins parfaite. Leur dentition très-caractéristique et assez diversifiée offre d'excellents caractères de genres.

α Les *Pycnodontiens mésozoïques* avaient la notochorde en partie nue, le développement des demi-vertèbres étant moins parfait. Les côtes dermales formaient chez quelques-uns un treillage tout autour du corps, comme chez les précédents; chez les autres seulement sur la partie antérieure, comme chez les suivants.

β Les *Pycnodontiens néozoïques* (éocènes[1]) avaient les demi-vertèbres développées et recouvrant, par conséquent, entièrement le notochorde ; les côtes dermales, assez délicates et compliquées quelquefois, n'envahissaient que la portion thoracique du tronc.

III. Troisième série : celle des *Ganoïdes crossoptères* ou des *Polyptériens*, représentées dans nos temps par les genres *Polypterus* et *Calamoichthys*. Les traits principaux communs à ceux-ci et à leurs représentants anciens du système dévonien sont les suivants : 1° l'absence des rayons de la membrane des ouïes, représentées ici seulement par deux plaques gulaires ; 2° la forme très-caractéristique des nageoires paires, formées d'une tige écailleuse souvent très-allongée et bordée des deux côtés des rayons comme d'une frange ; 3° la position très-reculée des nageoires ventrales ; 4° l'absence des écailles dites fulcrales ; 5° la forme de la queue diphyocerque ou se rapprochant de la hétérocercie, mais jamais en éventail.

Les *Polyptériens* vrais de l'époque actuelle sont les représentants immédiats des *Rhombodiptériens* paléozoïques (dévoniens et carbonifères) à écailles ossifiées, rhomboïdales, articulées comme celles des *Lépidostéides* et des *Polyptères*, à queue diphyocerque ou légèrement hétérocerque, à nageoire dorsale double et poussée en arrière, à base écailleuse des nageoires impaires, etc. Le caractère principal qui les sépare des *Polyptériens* repose donc dans la dorsale double et placée très en arrière. Ce sont les *Osteolepis*, les *Diploptérus*, les *Megalichthys* (à écailles lisses), les *Glyptolæmus* et *Glyptopémus* (à écailles et à os de la tête sculptés).

Les *Cyclodiptériens* contemporains présentent tout à fait le même ensemble de caractères, excepté un seul : celui des

[1] Une seule espèce de cette tribu dérive de la formation crétacée du Liban. Pour plus de détails concernant les *Pycnodontiens* vrais, leur structure et leur classification, le lecteur consultera surtout les ouvrages célèbres de feu M. Heckel.

écailles ; celles-ci sont ossifiées et émaillées, il est vrai, quelquefois même assez épaisses, lisses ou sculptées comme chez les précédents ; mais au lieu de la forme, de la position réciproque et de l'articulation, commune aux *Euganoïdes*, aux *Rhombodiptériens* et aux *Polyptériens*, nous trouvons ici la forme ronde dite Cycloïde, la superposition imbriquée des Téléostéens ordinaires. Comme chez les Rhombodiptériens, il y a parmi les *Cyclodiptériens* une division lisse (*Ctenodus*, *Dipterus*) et une autre à crâne et à écailles sculptées (*Glyptolepis*, *Holoptychius*, *Gyroptychius*, etc.).

Chez un certain nombre, au moins, de ces *Diptériens* rhombifères ou cycloïdes, sinon chez tous, l'épine dorsale possédait déjà, à ce qu'il paraît, un degré de développement peu ou point inférieur à celui des *Polyptères* de nos jours ; chez d'autres genres voisins, le *Phanéropleuron*, par exemple, genre dévonien différent des *Cyclodiptériens* par la nageoire dorsale indivise et occupant la moitié postérieure du dos : une notochorde nue se combine avec des côtes, des apophyses et des rayons ossifiés, comme chez les *Lépidostéides* et les *Lépidopleurides* anciens.

Le grand espace de temps qui sépare les *Diptériens* paléozoïques des *Polyptériens* vivants, est comblé en partie par le groupe remarquable des *Célacanthiens*, présentant une combinaison toute particulière de caractères zoologiques et anatomiques uniques, par exemple la structure de la queue, les interspinaux particuliers de la nageoire anale et des deux dorsales, la vessie natatoire ossifiée) avec des traits moins anormaux empruntés aux autres Ganoïdes crossoptères (savoir, les plaques gulaires, les nageoires paires en frange, la base écailleuse des nageoires impaires, la duplicité de la dorsale, etc.). Il tire son origine de la période de la houille, et se maintient avec une persistance de type rare à travers toutes les époques géologiques, jusque dans la formation crétacée, où il s'éteint. Pouvant cependant renvoyer le lecteur aux ouvrages éminents de M. Huxley, à qui appartient le mérite

inestimable d'avoir si parfaitement saisi et si admirablement développé les rapports des différents types appartenant à la grande série polymorphe des *Ganoïdes crossoptères*, je m'abstiendrai d'en parler plus longuement ici, afin d'abréger autant que possible ce résumé.

Ici se termine le tableau des *Ganoïdes vrais*, sur la nature desquels il n'y a pas de doute, grâce à notre méthode de synthèse. Mais que faire donc de tous les autres types qui ont été rapportés aux *Ganoïdes* par un plus ou moins grand nombre d'auteurs? Je ne parlerai pas ici des *Siluroïdes*, qui sont de vrais Télostéens physostomes, ni des *Lophobranches* ou des *Plectognathes*, appartenant au sous-ordre des Téléostiens aphysostomes, ni des *Dercetiformes* ou *Hoplopleurides*, tribu assez remarquable et caractérisant l'époque crétacée, si l'on ne veut pas y ajouter les genres triasiques : *Belonorhynchus* et *Ichtyorhynchus*, dont la place dans le système est incertaine (peut-être faudra-t-il les ranger parmi les Aphysostomes?) mais qui n'a point de rapport avec les Ganoïdes. Mais il faut que je me prononce d'une manière plus explicite sur les autres types considérés généralement comme des Ganoïdes, savoir les *Lépidosirènes*, les *Esturgeons*, les *Amides*, les *Téléostéens jurassiques*, les *Acanthodiens* et les *Ganoïdes* dits *cuirassés*, types auxquels je n'ai pu *encore* accorder une place dans le tableau des *Ganoïdes*, vu que la méthode synthétique n'a pas encore prouvé ces liens intimes, ces rapports de structure, ces formes intermédiaires, cette filiation, en un mot, qui permettrait seule de les y placer. Néanmoins, il ne faut pas nier la possibilité que des découvertes ultérieures ne nous démontrent un jour ces liens encore inconnus [1], ni oublier que, il n'y a que peu d'années, on n'hésitait pas à refuser une place parmi les Ganoïdes aux *Aspidorhynques*, aux Célacanthes, aux Pycnodontes, que nous

[1] Dans ces jours mêmes, les journaux nous informent de la découverte, dans l'Australie, d'un genre nouveau de poisson d'eau douce, intermédiaire entre les *Lépidosirènes* et les *Piptériens* paléozoïques !

rangeons aujourd'hui sans hésitation parmi les Ganoïdes indubitables.

a. D'abord, les *Lépidosirènes* ou *Protoptères*, classés par quelques auteurs d'une autorité incontestable avec les Ganoïdes, mais considérés le plus souvent comme formant une sous-classe particulière (les *Dipnoï*), ne feront, selon mon opinion, qu'une tribu aberrante ou un sous-ordre des Téléostéens physostomes, à placer dans le voisinage immédiat des Ganoïdes et particulièrement des *Crossoptères* (*Phanéropleuron*, par exemple).

b. Puis les *Esturgeons* sont également les Téléostéens physostomes qui devront être classés le plus près possible des *Chondrostéens*, entre ceux-ci et les Ganoïdes, auxquels ils ne doivent cependant pas être réunis [1].

c. L'*Amia* se rapproche des Ganoïdes et des Chondrostéens par un nombre de particularités anatomiques assez remarquables; mais on ne serait pas plus autorisé à classer les *Amia* avec les Ganoïdes que de ranger les Esturgeons parmi les Sélaciens. C'est un type à part, du nombre des Téléostéens physostomes vrais, conduisant vers les Ganoïdes, mais ne s'y rattachant pas. Au reste, l'éloignement de ce genre du sous-ordre des Ganoïdes ne modifiera que peu le système paléichthyologique, celui-ci n'embrassant qu'un petit nombre d'*Amides* (*Notæus*, *Cyclurus*, *Amiopsis*), qu'il faudra peut-être réunir au genre *Amia* lui-même.

d. Aussi n'y a-t-il pas de raison positive de ranger les *Téléostéens jurassiques* (les *Leptolépides*, les *Megalures* et les *Catures*), ni avec les Amides, ni avec les Ganoïdes. Consultons la méthode synthétique; elle nous conduira plutôt vers les *Halécoïdes*, c'est-à-dire vers les Saumons, les Harengs et les Clupésoces. Ce sont donc de vrais Téléostéens physostomes et excepté les *Belonorhynques*, etc. du Trias, les représentants les plus anciens de ce sous-ordre. De plus, il

[1] Les affinités du genre fossile *Chondrosteus* sont peut-être encore douteuses.

sera impossible de séparer les trois familles nommées ci-dessus, les unes des autres ; celui qui, avec les paléichthyologistes modernes, Heckel, Wagner, Pictet, placera les *Leptolépides* parmi les Téléostéens vrais, sera obligé d'y ranger de même les *Mégalures* et les *Catures*, malgré les écailles fulcrales bordant leurs nageoires ; la filiation des espèces, le croisement des caractères ne lui laisseront aucun choix. Les *Leptolépides* et les *Mégalures* ont les vrais vertèbres biconcaves des Téléostéens ; mais il n'y a rien d'étonnant dans ce fait, qu'il y avait parmi les Téléostéens les plus anciens un type (les *Catures*) à épine dorsale plus embryonnaire, c'est-à-dire à « vertèbres en anneau » ou à « demi-vertèbres. »

e. Si les *Acanthodiens* doivent être classés avec les Ganoïdes, ils en formeront indubitablement une division particulière; mais je suis plutôt de l'avis des auteurs qui les regardent comme un type à part parmi les *Chondrostéens*. Le lecteur consultera avec avantage l'excellent exposé que M. Huxley a donné de cette question en 1861. Enfin, si l'on regarde cette famille remarquable comme la tribu des Ganoïdes s'approchant le plus des Sélaciens, ou, au contraire, comme le type Sélacien le plus voisin des Ganoïdes, cela n'importe pas beaucoup en réalité.

f. Enfin, quant aux *Placodermes*, je dois d'abord avouer que je ne comprends pas bien pourquoi l'on a tant insisté dernièrement sur la profonde diversité de type des *Céphalaspides*, d'un côté, et des *Coccostées* (et *Peterichthys*), de l'autre. M. Huxley regarde ceux-ci comme de vrais Téléostéens et place provisoirement les *Céphalaspides* avec les Esturgeons, en relevant en même temps leur analogie avec les Siluroïdes. Pour moi, ce sont tous des animaux de classement incertain, « incertae sedis, » dont les vraies affinités restent encore à découvrir. Si l'on veut encore persister à les regarder comme des « *Ganoïdes cuirassés,* » il faudra établir pour eux une division particulière (quatrième ou troisième) dans le sous-ordre des Ganoïdes.

Qu'est-ce donc qu'un Ganoïde? S'il en faut absolument, bon gré, mal gré, donner une définition, il faudra la formuler à peu près de cette manière : *Tout poisson* (abdominal, malacoptérygien, physostome) *à écailles osseuses articulées* (des *Lépidostées*) *ou enchâssées* (à la manière des *Pycnodontes*), *ou à plaques gulaires au lieu des rayons branchiostégues, et à nageoires paires frangées et écailleuses* (des *Polyptères*) *ou qui combine plusieurs de ces caractères, sera classé parmi les Ganoïdes* [1]. — Et quant à la place et au rang qu'occuperont les Ganoïdes dans le système, il faudra en former un sous-ordre des Téléostéens physostomes, touchant aux Chondrostéens, séparé de ceux-ci par les Esturgeons et entouré des Téléostéens jurassiques, des Amides et des Protoptères. Le tableau de la partie du système ichthyologique qui nous occupe ici, présentera donc à peu près l'aspect suivant :

Première sous-classe : Téléostéens éleuthérobranches.

(*Poissons osseux à branchies libres*).

1[er] ordre : *Physoclistes ou Acanthoptères* (renfermant les *Acanthoptères*, les *Anacanthins* et les *Pharyngognathes* de Jean Müller, groupes qui ne peuvent être maintenus, et, en outre, les *Lophobranches* et les *Plectognates*, qu'on devra abaisser au rang de familles simples).

2[me] ordre : *Physostomes ou Malacoptères.*

1[er] sous-ordre : Les *Physostomes typiques* (correspondant aux *Physostomes* de Jean Müller, en y ajoutant les *Amides*, les *Leptolépides*, les *Mégalures* et les *Catures* de l'époque jurassique).

2[me] sous-ordre : Les *Ganoïdes.*

[1] Si même on préférait de supprimer entièrement le sous-ordre des Ganoïdes et de placer les trois familles des *Lépidostéides*, des *Lepidopleurides* et des *Polyptériens* tout simplement à la suite des *Silures*, des *Characins*, des *Cyprins*, des *Saumons* et des autres familles physostomes, le terme de « Ganoïde » devrait être regardé comme dénomination génerale de ces trois familles si étroitement liées ensemble.

1re série : Les *Lépidostéides* ou *Euganoïdes.*
2me série : Les *Lépidopleurides* ou *Pycnodontiens.*
1re famille : Les Platysomiens.
2me « Les Pleurolépides.
3me « Les Pycnodontiens vrais.
3me série : Les *Crossoptères* ou *Polyptériens.*
1re sous-série : Les *Crossoptères rhombifères.*
1re famille : Les Polyptériens.
2me « Les Rhombodiptériens.
2me sous-série : Les *Crossoptères cycloïdes.*
1re famille : Les Cyclodiptériens.
2me « Les Phanéropleures.
3me « Les Célacanthiens.
3me sous-ordre : Les *Lépidosirènes* ou *Protoptères.*
4me « Les *Esturgeons* ou *Acipensérides.*

Deuxième sous-classe : Chondrostéens desmobranches.

(*Poissons cartilagineux à branchies fixes*).

3me ordre : *Sélaciens.*
1er sous-ordre : Les *Acanthodiens.*
2me « « *Pleuracanthiens.*
3me « « *Chimériens.*
4me « « *Squales.*
5me « « *Raies.*
4me ordre : Les *Cyclostomes.*
5me « Les *Branchiostomes.*
Incertæ sedis.
6me « Les *Placodermes* (*Céphalaspides*, etc.)

En terminant cet abrégé, certainement trop court pour que le lecteur puisse juger de la justesse de mes vues, mais suffisant peut-être pour en donner une idée, j'y ajouterai encore deux mots, savoir, que mon mémoire est illustré de quelques (14) figures gravées sur bois, présentant des images, restaurées en partie, des principaux types du système paléichthyologique ; ensuite, que le tableau ichtho-géologique y annexé, comparé à celui du grand ouvrage de M. Agassiz, fournira les moyens de saisir d'un seul coup d'œil les principaux progrès faits dans la paléichthyologie depuis 1843 jusqu'en 1869.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1871.

Le 2, couronne lunaire dans la soirée.
3, brouillard presque tout le jour.
7, brouillard le soir.
8, brouillard le matin.
9, à la suite des pluies chaudes des jours précédents, la neige qui recouvrait le sol dans la plaine depuis le 22 décembre a disparu, sauf dans les endroits où elle avait été accumulée par le vent, ou artificiellement. Le sol a été couvert de neige pendant 7 semaines consécutives.
10, il est retombé un peu de neige qui a légèrement blanchi le sol pendant quelques heures.
17, 18, brouillard épais tout le jour.
19, brouillard le matin et le soir.
20, brouillard le matin.
23, forte gelée blanche.
24, un peu de brouillard le matin.
25, forte gelée blanche.
26, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. matin	734,85
7 à 10 h. matin	733,59
18 à 10 h. matin	737,93
24 à 8 h. matin	738,65

MINIMUM.	mm
Le 4 à 2 h. après m.	725,66
11 à 6 h. matin.	713,64
21 à 6 h. matin	727,56
28 à 4 h. après m.	731,26

Jours du m[ois]	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d['h.]	[Vent] dominant.	[État] moy. du Ciel.	Midi.	Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	734,15	+ 6,93	— 2,87	—3,07	— 4,5	+ 0,1	3,26	—0,99	890	+ 37	790	940	...	...	S. 1	0,98	4,0	— 0,7	107
2	731,50	+ 4,34	— 0,19	—0,46	— 3,0	+ 4,9	3,55	—0,71	804	— 48	480	950	...	...	SSO. 1	0,62	4,3	— 0,4	107
3	727,72	+ 0,62	— 1,38	—1,72	— 6,1	+ 4,1	3,96	—0,30	934	+ 84	780	1000	...	...	S. 1	0,99	4,4	— 0,3	107
4	726,03	— 1,02	+ 1,41	+1,00	— 0,6	+ 6,4	4,42	+0,15	877	+ 29	740	960	0,3	1	SO. 1	0,72	4,4	— 0,3	106
5	729,38	+ 2,39	+ 1,03	+0,55	— 3,3	+ 5,3	4,49	+0,21	889	+ 44	770	950	0,5	2	S. 1	0,93	—	—	106
6	731,81	+ 4,88	+ 6,09	+5,54	+ 2,5	+10,0	5,74	+1,45	816	— 27	630	950	2,9	7	O. 1	0,98	4,5	— 0,2	100
7	732,87	+ 6,00	+ 3,36	+2,73	— 0,5	+ 6,4	5,61	+1,31	967	+126	870	1000	0,9	2	variable	0,70	4,7	0,0	100
8	730,68	+ 3,87	+ 3,87	+3,16	— 0,4	+10,0	5,44	+1,13	901	+ 62	510	1000	2,6	5	SO. 1	0,96	4,6	— 0,2	100
9	725,05	— 1,69	+ 5,33	+4,54	+ 1,6	+ 9,7	5,08	+0,76	783	— 54	500	960	4,5	5	NO. 1	0,79	4,7	— 0,1	100
10	723,26	— 3,42	+ 1,81	+0,93	— 0,8	+ 5,7	4,25	—0,08	827	— 8	620	990	2,2	5	S. 1	0,94	4,6	— 0,2	105
11	718,77	— 7,84	+ 1,56	+0,59	+ 0,2	+ 4,7	4,30	—0,04	851	+ 18	700	1000	0,3	2	NNE. 1	0,93	4,7	— 0,1	110
12	727,69	+ 1,14	— 2,04	—3,10	— 2,6	— 0,7	3,25	—1,10	842	+ 11	700	900	...	...	NNE. 1	0,91	—	—	110
13	728,70	+ 2,22	— 1,46	—2,61	— 3,9	+ 1,0	3,62	—0,74	884	+ 55	770	970	...	...	variable	0,92	3,9	— 1,0	111
14	731,96	+ 5,54	+ 0,54	—0,70	— 3,0	+ 4,7	4,00	—0,37	843	+ 16	700	940	...	...	NNE. 1	0,13	4,1	— 0,8	112
15	732,69	+ 6,32	+ 0,18	—1,15	— 2,3	+ 2,2	4,05	—0,32	875	+ 51	760	920	...	...	N. 1	1,00	4,2	— 0,7	112
16	733,36	+ 7,05	+ 0,02	—1,41	— 0,8	+ 2,0	4,00	—0,38	888	+ 66	690	940	...	...	variable	0,94	4,3	— 0,6	113
17	734,93	+ 8,67	— 1,84	—3,37	— 3,0	+ 0,5	3,92	—0,46	986	+167	900	1000	...	...	variable	1,00	4,0	— 1,0	113
18	737,46	+11,25	— 0,60	—2,23	— 1,9	+ 2,0	4,20	—0,19	961	+145	770	1000	...	...	variable	0,97	4,1	— 0,9	113
19	735,37	+ 9,22	— 0,17	—1,90	— 2,5	+ 5,0	4,22	—0,17	945	+131	740	1000	...	...	E. 1	0,60	—	—	113
20	730,66	+ 4,56	+ 2,19	+0,36	— 4,2	+11,9	4,46	+0,06	839	+ 28	420	1000	0,7	1	SO. 1	0,69	4,1	— 1,0	113
21	728,24	+ 2,19	+ 3,68	+1,74	+ 0,4	+ 8,8	4,62	+0,21	802	— 6	700	900	0,4	2	S. 1	0,57	4,3	— 0,8	113
22	734,36	+ 8,36	+ 1,70	—0,35	— 2,8	+ 6,8	4,13	—0,29	803	— 3	600	990	...	...	N. 1	0,10	4,3	— 0,8	113
23	737,09	+11,15	+ 1,92	—0,24	— 3,3	+ 9,0	4,00	—0,43	770	— 33	540	1000	...	...	variable	0,17	4,4	— 0,8	113
24	737,73	+11,84	+ 2,13	—0,14	— 3,4	+ 7,7	3,93	—0,51	776	— 25	530	1000	...	...	variable	0,13	4,6	— 0,6	112
25	737,28	+11,45	+ 3,22	+0,84	— 2,7	+ 9,6	4,57	+0,12	781	— 17	590	930	...	...	N. 1	0,00	4,7	— 0,6	111
26	734,84	+ 9,06	+ 7,10	+4,61	— 2,6	+15,4	4,10	—0,36	560	—235	330	910	...	...	SSO. 1	0,33	—	—	111
27	732,58	+ 6,86	+ 8,75	+6,15	+ 1,5	+15,1	4,96	+0,49	592	—201	380	770	...	...	SO. 1	0,71	4,8	— 0,5	111
28	731,94	+ 6,27	+10,37	+7,66	+ 4,6	+18,2	4,90	+0,42	554	—236	330	780	...	...	OSO. 1	0,17	4,9	— 0,5	111

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,61	729,76	730,03	729,60	728,89	728,65	728,41	728,28	728,34
2e »	730,56	731,23	731,55	731,53	731,04	731,03	731,41	731,84	732,14
3e »	734,26	734,80	734,91	734,54	733,87	733,65	734,00	734,52	734,79
Mois	731,28	731,73	731,97	731,70	731,08	730,93	731,08	731,33	731,54
					Température.				
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 0,06	+ 0,53	+ 2,04	+ 4,26	+ 4,65	+ 4,25	+ 2,98	+ 1,79	+ 1,24
2e »	— 1,75	— 1,66	— 0,50	+ 0,57	+ 1,78	+ 2,59	+ 1,33	+ 0,66	+ 0,04
3e »	— 0,04	+ 0,69	+ 5,46	+ 9,12	+ 9,76	+ 9,48	+ 7,79	+ 5,46	+ 3,87
Mois	— 0,62	— 0,20	+ 2,11	+ 4,33	+ 5,09	+ 5,15	+ 3,76	+ 2,44	+ 1,56
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,45	4,55	4,71	4,60	4,78	4,44	4,46	4,80	4,68
2e »	3,87	3,83	4,03	4,00	4,11	4,07	4,15	4,10	4,12
3e »	4,00	4,09	4,40	4,64	4,57	4,67	4,62	4,43	4,43
Mois	4,12	4,16	4,38	4,40	4,48	4,37	4,40	4,45	4,61
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade	944	933	872	740	742	718	780	907	917
2e »	961	939	910	840	793	745	824	859	885
3e »	880	850	681	565	529	548	597	676	749
Mois	932	911	831	726	699	679	744	824	858

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 1,51	+ 6,26	0,86	4,47	13,9	103,8
2e »	— 2,40	+ 3,33	0,81	4,18	1,0	112,0
3e »	— 1,04	+11,32	0,27	4,57	0,4	111,9
Mois	— 1,69	+ 6,66	0,67	4,40	15,3	109,0

Dans ce mois, l'air a été calme 9,13 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,67 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 63°,7 O., et son intensité est égale à 17,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1871.

Le 1, brouillard jusqu'à 8 h. du matin.
4, id. la plus grande partie de la journée.
6, id. depuis 8 h. du matin.
7, id. jusqu'à 4 h. du soir.
8, 9, id. toute la journée.
10, id. le matin et le soir.
11, id. jusqu'à 4 h. de l'après-midi.
21, id. à peu près tout le jour. La neige tombée n'est pas en assez grande quantité pour pouvoir être mesurée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. matin	566,23	Le 3 à 6 h. matin	562,58
6 à 10 h. matin	566,47	11 à 8 h. matin...........	549,87
18 à 4 h. après m.	570,00	21 à 4 h. après m.	560,54
24 à 10 h. soir	575,75	28 à 6 h. matin...........	568,22

Jours du m	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	565,72	+ 5,27	565,33	566,23	—13,15	— 4,08	—14,6	—11,3	.....	.....	....	SO. 1	0,72
2	564,67	+ 4,25	564,09	565,45	— 8,72	+ 0,34	—10,4	— 6,0	.....	.....	....	SO. 1	0,08
3	563,00	+ 2,62	562,58	563,46	— 5,82	+ 3,23	— 8,3	— 3,8	.....	.....	....	SO. 1	0,79
4	563,13	+ 2,79	562,83	563,49	— 7,67	+ 1,37	— 8,6	— 6,8	.....	.....	....	SO. 1	0,81
5	565,00	+ 4,70	563,73	566,01	— 5,35	+ 3,68	— 8,4	— 1,8	.....	.....	....	SO. 1	0,43
6	565,27	+ 5,00	564,26	566,47	— 5,22	+ 3,80	— 6,7	— 1,4	.....	.....	....	NE. 3	0,89
7	565,51	+ 5,28	565,13	566,08	— 6,77	+ 2,24	— 7,3	— 5,5	.....	.....	....	NE. 3	0,67
8	564,19	+ 3,99	563,23	564,79	— 3,80	+ 5,19	— 4,8	— 2,0	.....	.....	....	NE. 3	0,93
9	558,41	— 1,76	557,74	559,49	— 8,65	+ 0,32	—12,4	— 3,8	.....	....	....	NE. 3	0,98
10	555,33	— 4,81	551,08	558,85	—12,20	— 3,25	—14,2	— 9,4	.....	.....	....	NE. 1	0,72
11	552,87	— 7,23	549,87	555,87	—12,46	— 3,53	—13,8	— 8,4	70	5,6	5	NE. 2	0,96
12	558,84	— 1,23	557,49	559,69	—12,09	— 3,18	—16,6	— 8,8	.....	.....	....	NE. 1	0,08
13	561,85	+ 1,81	560,19	563,52	— 7,88	+ 1,00	— 9,3	— 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,22
14	564,86	+ 4,85	563,68	566,01	— 6,63	+ 2,22	—10,0	— 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,01
15	566,03	+ 6,05	565,96	566,23	— 3,43	+ 5,39	— 5,4	— 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,01
16	566,90	+ 6,95	566,24	567,82	— 3,01	+ 5,78	— 5,4	— 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
17	568,55	+ 8,63	567,96	569,36	— 2,49	+ 6,27	— 4,2	0,0	.....	.....	....	NE. 1	0,01
18	569,64	+ 9,75	569,38	570,00	— 1,75	+ 6,98	— 3,8	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,06
19	568,56	+ 8,69	568,30	568,99	— 1,67	+ 7,02	— 3,2	+ 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0,02
20	565,25	+ 5,40	564,06	567,58	— 4,24	+ 4,41	— 5,9	— 0,6	.....	.....	....	NE. 1	0,00
21	561,09	+ 1,26	560,54	562,49	— 8,52	+ 0,09	—11,9	— 6,3	.....	.....	....	NE. 1	0,88
22	566,33	+ 6,52	563,74	568,25	— 9,79	— 1,22	—14,2	— 5,5	.....	.....	....	NE. 1	0,01
23	568,48	+ 8,69	568,30	568,93	— 7,37	+ 1,16	—10,2	— 5,3	.....	.....	....	NE. 2	0,11
24	572,11	+12,34	570,97	575,75	— 0,54	+ 7,95	— 4,2	+ 5,8	.....	.....	....	NE. 1	0,09
25	572,96	+13,21	572,71	573,21	+ 1,28	+ 9,72	— 2,2	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,01
26	571,34	+11,61	570,74	571,95	— 1,00	+ 7,39	— 2,8	+ 3,5	.....	.....	....	SO. 1	0,24
27	568,94	+ 9,23	568,61	569,30	— 1,83	+ 6,51	— 3,8	+ 1,8	.....	.....	....	variable	0,58
28	568,52	+ 8,82	568,22	568,82	— 0,80	+ 7,49	— 4,2	+ 1,6	.....	.....	....	NE. 1	0,07

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,34	563,51	563,63	563,30	562,95	562,84	562,79	562,62	562,59
2e »	563,79	563,84	564,12	564,24	564,31	564,47	564,68	564,90	565,02
3e »	568,34	568,54	568,68	568,64	568,49	568,50	568,79	569,14	569,74
Mois	564,93	565,06	565,25	565,16	565,02	565,04	565,18	565,30	565,50
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 7,95	— 7,90	— 7,32	— 6,72	— 6,65	— 6,89	— 7,70	— 7,68	— 7,72
2e »	— 7,67	— 6,93	— 4,53	— 3,02	— 2,75	— 3,87	— 5,89	— 6,15	— 6,19
3e »	— 5,94	— 4,76	— 1,82	— 0,25	— 1,40	— 2,86	— 3,46	— 4,00	— 4,55
Mois	— 7,27	— 6,66	— 4,75	— 3,55	— 3,76	— 4,66	— 5,84	— 6,08	— 6,27

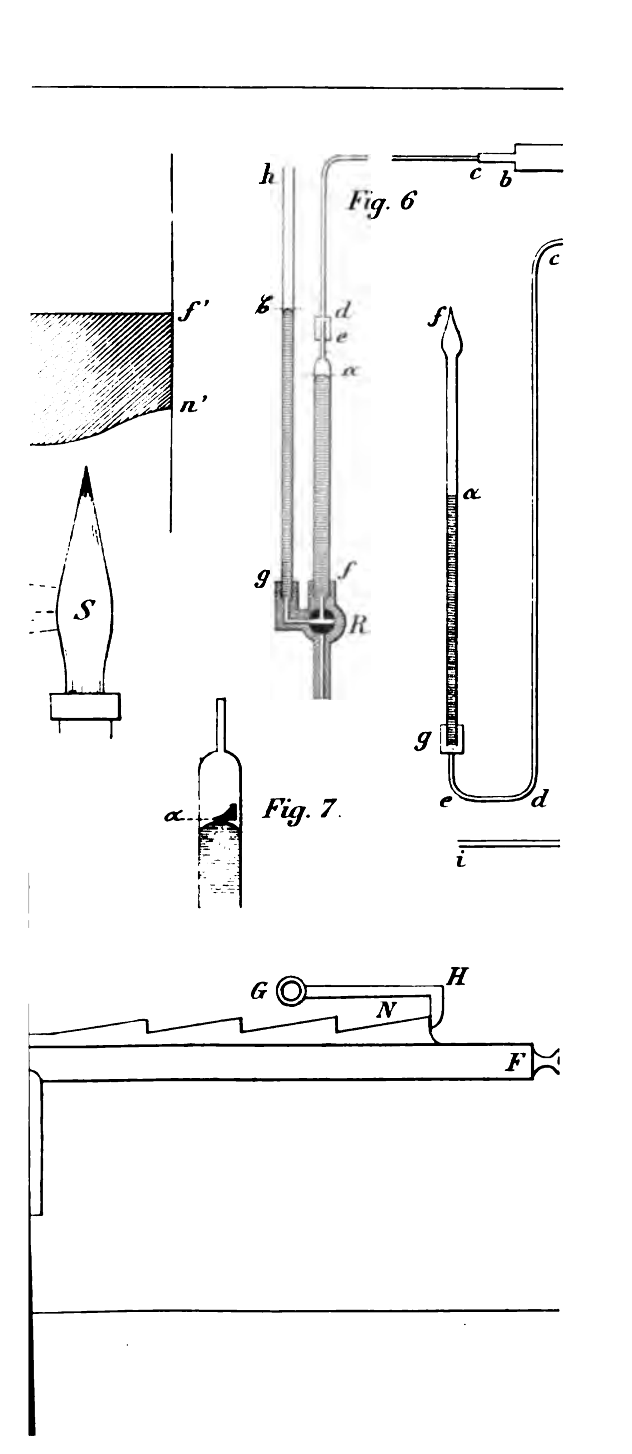
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 9,57	— 5,18	0,70	—	—
2e »	— 7,76	— 2,45	0,14	5,6	70
3e »	— 6,69	+ 0,07	0,25	—	—
Mois	— 8,10	— 2,70	0,37	5,6	70

Dans ce mois, l'air a été calme 12,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 5,30 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 73,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.


h
Fig. 6
c
b
c
f'
d
e
a
n'
f
a
g
f
S
R
g
Fig. 7
a
e
d
i
G
H
N
F

DES TRANSFORMATIONS

QUE SUBISSENT

LES SPECTRES DES GAZ INCANDESCENTS

AVEC

LA PRESSION ET LA TEMPÉRATURE

PAR M. WÜLLNER

(avec une planche)

Nous avons donné, lors de leur publication, une analyse détaillée des deux intéressants mémoires de M. Wüllner, sur les différentes formes que le spectre d'un gaz incandescent est susceptible de revêtir lorsqu'on fait varier sa pression et sa température [1]. Nous n'aurions donc pas eu besoin de revenir sur cette question que nous avons traitée tout au long, si nous n'avions désiré donner à nos lecteurs une représentation exacte des différents spectres observés par M. Wüllner avec un seul et même gaz, afin que chacun d'eux puisse se faire une idée claire de la découverte du physicien allemand, et en mesurer l'importance.

La planche que nous donnons aujourd'hui (Pl. V), et qui représente les différents spectres de l'hydrogène et de l'aluminium, n'a paru encore que dans les mémoires de la *Société Rhénane des Sciences naturelles* [2], fort peu ré-

[1] Ce travail a été exécuté par M. Wüllner avec la collaboration de M. Bettendorff, mais la découverte du spectre de premier ordre de l'hydrogène, qui en a été le point de départ, appartient exclusivement au premier de ces deux physiciens.

[2] *Festschrift der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde*. Bonn, chez A. Marcus, 1868.

pandus en dehors de l'Allemagne. Il nous a donc semblé qu'il ne serait pas inutile de la reproduire dans notre journal. M. Wüllner a bien voulu se charger de faire refaire cette planche et d'en surveiller l'exécution; nous pouvons donc en garantir la parfaite exactitude. Renvoyant, pour les détails, aux deux articles que nous avons insérés dans les numéros de juillet et de septembre 1869, nous nous bornerons ici à accompagner cette planche de quelques lignes explicatives.

MM. Plücker et Hittorff furent les premiers à reconnaître que certains gaz peuvent donner deux spectres différents, suivant les circonstances de température et de pression dans lesquelles on les place. Cette observation, qu'ils firent sur l'azote et les vapeurs de soufre avec lesquels ils obtinrent tantôt un spectre à bandes, cannelé (spectre de premier ordre), tantôt un spectre à raies brillantes (spectre de second ordre), était demeurée jusqu'ici un fait isolé. M. Wüllner l'a généralisée dans le travail que nous rappelons ici, et a trouvé, comme nos lecteurs s'en souviennent, qu'un même gaz présente au moins trois spectres différents : un spectre de premier ordre, un spectre de second ordre et un spectre absolument continu comme ceux des corps solides ou liquides.

Pour ce qui concerne en particulier l'hydrogène, nous avons vu qu'en partant des pressions les plus basses qu'il ait pu atteindre avec la pompe de Sprengel, il avait obtenu d'abord un spectre de second ordre composé de six groupes de raies vertes [1], c'est ce spectre qui est désigné dans la planche par H III; puis vers 2^{mm} le spectre ordinaire aux trois raies brillantes $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, désigné dans

[1] Pour la description détaillée de ce spectre, voir *Archives*, 1869, tome XXXV, p. 196.

la planche par H I; au delà, vers 30^{mm} à 60^{mm}, un magnifique spectre ombré et cannelé, spectre de premier ordre de l'hydrogène [1] désigné par HII dans la planche; enfin, aux pressions les plus élevées auxquelles il a pu opérer, c'est-à-dire vers trois atmosphères, un spectre absolument continu et tout semblable au spectre solaire, sauf qu'il ne présente pas comme lui de raies noires et qu'il est limité à l'intervalle compris entre les raies $H\alpha$ et $H\gamma$.

M. Wüllner a reconnu que ces différents spectres sont absolument distincts et qu'ils appartiennent bien réellement à l'hydrogène. Pour ce qui concerne le spectre H II, il suffit de la simple inspection de la planche pour se convaincre qu'il est entièrement différent du spectre bien connu de l'azote auquel M. Dubrunfaut [2] avait cru pouvoir l'assimiler, pensant que les nouveaux spectres décrits par M. Wüllner tenaient à la présence de gaz étrangers, et en particulier d'azote mélangés à l'hydrogène. Quant au spectre H III, on pouvait objecter qu'il aurait pu appartenir soit aux vapeurs incandescentes d'aluminium provenant des électrodes, soit aux vapeurs de mercure développées dans l'aspirateur Sprengel, soit aux acides phosphoriques et sulfuriques qui avaient servi à dessécher le gaz, ou bien enfin aux hydrogènes carbonés résultant de la décomposition des graisses des robinets. M. Wüllner s'est assuré qu'il n'y avait aucune coïncidence entre le spectre H III et ceux de ces différents corps. L'étude

[1] Pour le détail de ce spectre de premier ordre de l'hydrogène, qui est le même que celui que M. Wüllner a obtenu dans des tubes de Plücker à hydrogène, modifiés par un long usage, et que celui que MM. Reitlinger et Kuhn (*Archives*, 1870, t. XXXIX, p. 260) ont observé à l'électrode négative d'un tube de Geissler à hydrogène, voir *Archives*, 1869, t. XXXV, p. 193.

[2] Voir *Archives*, 1870, tome XXXVII, p. 262.

qu'il fit à cette occasion du spectre de l'aluminium l'amena à faire une observation qui n'est pas sans présenter un haut intérêt [1]; il reconnut en effet que le spectre fourni par l'étincelle d'induction lorsqu'elle jaillit à l'air libre entre deux électrodes d'aluminium est susceptible de revêtir des formes très-différentes, suivant l'intensité et la longueur de la décharge, comme on peut le voir par la planche. Lorsque l'écartement des électrodes était seulement de deux millimètres, le spectre de l'aluminium consistait en effet en quatre champs lumineux disposés au milieu du spectre, également larges et également espacés. Chacune de ces bandes est traversée par sept lignes brillantes qui lui donnent l'apparence d'une colonne cannelée. L'éclat qu'elles présentent est maximum pour chacune d'elles dans la partie la plus réfrangible, et va en diminuant graduellement vers la partie la moins réfrangible. Ce spectre, qui est le spectre de premier ordre de l'aluminium est désigné dans la planche par Al I.

Lorsque la distance des électrodes d'aluminium était devenue égale à dix millimètres ou même plus grande, le spectre obtenu était tout différent. Les bandes cannelées avaient entièrement disparu et avaient cédé la place à un certain nombre de lignes brillantes répandues sur un spectre continu d'un très-faible éclat. Ce spectre de second ordre de l'aluminium est désigné dans la planche par Al II. Les positions de ces différentes lignes rapportées à l'échelle du spectroscope, laquelle est reproduite dans la planche, sont les suivantes [2]:

[1] *Poggend. Annalen*, 1868, tome CXXXV, p. 512.

[2] Ces mesures ont été exécutées avec un spectroscope de Meyerstein, dont le prisme présente un angle de 60° 2′ et qui donne pour $H\alpha$ un indice de réfraction égal à 1,743355, pour $H\gamma$ un indice de ré-

1. Belle ligne double	62°42′
2. Groupe de trois lignes faibles dont la première à	63° 0′
3. Une raie brillante	63°51′
4. Une ligne brillante	64°17′
5. Raie brillante	64°22′
6. Ligne faible	65° 5′
7. Ligne médiane d'un groupe considérable.......	65°47′
8. Ligne brillante	66°41′
9. Ligne faible	66°47′

L'auteur ne le dit pas, mais il nous paraît probable que le fond lumineux pâle sur lequel se détachent ces lignes brillantes est le commencement du spectre absolument continu que les vapeurs d'aluminium donneraient à des températures plus élevées.

Nous n'insisterons pas sur les résultats que M. Wüllner avait obtenus dans son travail pour l'oxygène et l'azote et qui concordent absolument avec ceux que lui avait donnés l'hydrogène. Nous nous bornerons à reproduire en terminant les conclusions générales que M. Wüllner présentait à ce sujet dans une lettre adressée récemment par lui à la rédaction des *Archives* :

« Il faut, dit-il, d'une manière générale distinguer chez « les gaz trois spectres différents, savoir : 1° un spectre « de premier ordre, spectre continu mais ombré et can- « nelé comme ceux que Plücker a observés avec l'azote « et le soufre et ceux que j'ai trouvés avec l'hydrogène, « l'oxygène et l'aluminium ; 2° un spectre de second or- « dre, composé de lignes brillantes isolées comme ceux « que donnent les gaz dans la plupart des cas ; 3° un « spectre entièrement continu sans ombres. L'hydrogène « donne aux hautes pressions un spectre de cette nature « ne présentant aucun autre élément. Avec l'oxygène ce

fraction égal à 1,790564, Hα correspondant dans la division du spectroscope à 61° 20′, Hγ à 67° 10′.

« spectre continu se produit également, mais dans ce cas « les raies brillantes du spectre de second ordre se mon- « trent encore dans le vert, le bleu et le violet. Il se pro- « duit aussi avec l'azote, mais dans le cas de ce gaz l'on « obtient toujours, outre le spectre continu, le spectre « de second ordre tout entier. Je suis convaincu que si « l'on pouvait élever suffisamment la température des « gaz, on les amènerait tous finalement à donner ce der- « nier spectre absolument continu et sans ombres. »

M. Wüllner est arrivé non-seulement à produire avec l'hydrogène un spectre tout à fait continu, mais encore à obtenir avec ce même gaz incandescent à une haute pression le renversement de la raie spectrale du sodium tel qu'il se produit dans le spectre solaire. En effet, lorsque le jet atteint une température très-élevée, il échauffe fortement le verre du tube dans lequel il se produit et provoque le développement d'une certaine quantité de vapeur de sodium incandescente qui forme comme une atmosphère autour du jet lumineux. C'est dans ces conditions-là que M. Wüllner a observé le renversement de la raie du sodium qui arrive à se projeter en noir, comme une raie de Fraunhofer, sur le spectre continu de l'hydrogène. Ce double fait a une importance capitale, et l'on voit en particulier que pour ce qui tient à la théorie du soleil, l'on n'est plus obligé d'admettre un noyau solide ou liquide, mais que l'on peut aussi bien supposer que le corps central de cet astre est formé par des gaz incandescents et à une haute pression.

E. S.

SUR

UN NOUVEAU MANOMÈTRE

POUR

MESURER LES HAUTES PRESSIONS DES GAZ

PAR

M. V. REGNAULT.

Le meilleur manomètre pour mesurer les hautes pressions des gaz est, sans contredit, le manomètre à mercure à air libre. Mais il ne peut être établi que dans un bâtiment présentant une très-haute paroi verticale libre; de plus, il exige des constructions spéciales qui permettent d'observer le niveau du mercure en tous les points de la longue colonne en verre, formée par des tubes ajustés hermétiquement bout à bout. C'est donc un appareil très-coûteux, et l'on rencontre rarement, dans un laboratoire, les conditions qui permettent de l'installer.

Le manomètre à air comprimé, qu'il soit composé de tubes de verre, ou qu'il soit entièrement métallique et fondé sur les changements de forme que des spirales creuses de métal subissent par les variations de force élastique de l'air qu'elles contiennent, ne sont pas assez sensibles. Leur emploi est dangereux parce qu'ils sont sujets à des dérangements fréquents, dont on s'aperçoit rarement quand on n'a pas de moyen de contrôle.

J'ai décrit brièvement, dans le tome XXXI des *Mémoires de l'Académie des Sciences*, page 580, un nouveau manomètre à gaz qui permet de noter les plus hautes

pressions avec une grande exactitude et une sensibilité constante. Ce manomètre porte en lui les moyens nécessaires pour en vérifier l'exactitude aussi souvent qu'on le veut; il est peu coûteux, et on peut facilement l'installer partout. Comme je pense qu'il rendrait de grands services aux physiciens et aux chimistes, je crois qu'il ne sera pas inutile d'en donner ici uue description plus complète.

La figure 1 (Planche VI) représente cet appareil.

Il se compose d'un tube de laiton AB, de 5 millimètres de diamètre intérieur, et à parois épaisses, afin qu'il puisse résister à de très-grandes pressions sans subir une augmentation sensible de capacité. Il est surmonté d'un robinet à trois voies R, terminé par une tubulure C à l'aide de laquelle on le fait communiquer avec le réservoir contenant l'air comprimé dont on cherche à connaître la force élastique. Le robinet R communique, par une tubulure latérale, avec un second robinet R' qu'on ajuste à l'aide d'une seconde tubulure sur le large tube DE d'un manomètre DEGF, que la figure fait suffisamment comprendre.

Le tube DE a 20^{mm} de diamètre intérieur; le tube GF en a de 13 à 15. Les deux tubes ont été choisis aussi droits et aussi cylindriques que possible; ils portent chacun une division en millimètres. Ils communiquent par l'intermédiaire du robinet à trois voies R', et ils sont fixés dans les tubulures en fonte du robinet avec du mastic à la résine, dans les conditions que l'on comprendra facilement à l'inspection de la figure.

La pièce à robinet R', portant le manomètre, est fixée à l'aide de vis et d'un joint au minium sur un plateau circulaire HI en fonte, monté sur trois pieds de métal munis de

vis calantes. Un disque annulaire en fonte KL peut être fixé à l'aide de vis et d'un joint au minium sur le plateau HI. Ce disque est surmonté d'un canal annulaire de 2 centimètres de profondeur et de 2 à 3 centimètres de largeur. Ce canal est destiné à recevoir hermétiquement un manchon en verre. Pour cela, on remplit le canal de mastic à la résine fondu, puis on y plonge le manchon de verre MNN′M′. Le disque KL portant son manchon ne doit être fixé sur le trépied que quand l'appareil manométrique a été complétement ajusté.

Les tubes en verre du manomètre doivent être parfaitement verticaux; on le réalise facilement pendant l'installation des tubes, quand le mastic des tubulures est encore mou. On rectifie ensuite la verticalité à l'aide des vis calantes du trépied.

Dans la figure 1, le tube métallique AB se trouve dans le plan des deux tubes du manomètre. On a adopté cette disposition dans le dessin pour faire comprendre plus facilement l'appareil; mais en réalité le tube AB est en arrière du manomètre. Ainsi, les montures métalliques à robinets sont dans une direction perpendiculaire à celle que montre la figure.

Voyons maintenant comment on opère avec cet appareil.

Le manchon est rempli d'eau à la température ambiante. Un thermomètre indique sa température constante t. Les robinets R et R′ sont dans la position qu'indique la figure 1. On verse du mercure dans le tube FG, jusqu'à ce que le tube DE en soit complétement rempli, c'est-à-dire, jusqu'à ce que le mercure s'écoule par la tubulure O.

Dans la position (fig. 1) du robinet R, le tube AB

contient de l'air sec à la température t et sous la même pression que le réservoir. On donne au robinet R la position qu'il présente dans la figure 2. L'air du tube AB est ainsi isolé, et si l'on tourne alors le robinet R′ pour l'amener lentement dans la position qu'il montre dans la figure 2, l'air du tube AB se précipite dans le large tube DE. On ouvre en même temps le robinet R″ pour faire écouler le mercure et empêcher la pression de devenir trop forte dans le tube DE.

On amène les deux colonnes sensiblement au même niveau dans les deux branches du manomètre, et l'on note les divisions de ces tubes auxquelles s'arrêtent les niveaux des deux colonnes mercurièlles. Cette simple observation suffit quand on a fait préalablement un jaugeage exact du tube DE. Soient :

H la hauteur du baromètre réduite à 0°,

h la différence de niveau des deux colonnes du manomètre, également réduite à 0°,

t la température constante de l'eau du manchon,

V le volume supposé constant du tube AB,

W le volume que l'air occupe dans le tube DE à la fin de l'expérience,

d le poids d'un litre d'air sec à 0° et sous la pression de 760^{mm},

x la force élastique inconnue de l'air dans le grand réservoir.

Au commencement de l'expérience, le tube métallique AB est rempli d'air sec à la température t et sous la pression cherchée x; son poids est exprimé par

$$Vd\frac{1}{1+\alpha t}\cdot\frac{x}{760}\cdot$$

A la fin de l'expérience, cet air restant à la même température t a pris le volume V+W, mais la force élastique est alors H+h. Son poids est donc représenté par

$$(V+W)\,d\,\frac{1}{1+\alpha t}\,\frac{H+h}{760}.$$

Ces deux poids doivent être égaux, on a donc

$$Vd\,\frac{1}{1+\alpha t}\,\frac{x}{760}=(V+W)\,d\,\frac{1}{1+\alpha t}\,\frac{H+h}{760},$$

ou simplement

$$Vx=(V+W)(H+h),$$

d'où

$$x=\frac{V+W}{V}(H+h).$$

Mais il faut connaître très-exactement les volumes V et W. Je commence par déterminer les volumes W qui correspondent aux diverses divisions du tube DE. Pour cela, le manomètre étant complétement rempli de mercure jusqu'à déversement par la tubulure O, j'enlève cette tubulure pour ôter le mercure qu'elle contient et qui ne doit pas entrer en compte, et je tourne graduellement le robinet R' pour l'amener à la position que représente la figure 3. Je reçois dans un flacon le mercure qui s'écoule ainsi du seul tube DE jusqu'à ce que le niveau soit arrivé à une division n de ce tube ; ce flacon est mis de côté. Je recueille dans un second flacon le mercure qui s'écoule jusqu'à ce que le niveau s'arrête à une division n', très-peu différente de $2n$.... et ainsi de suite, jusqu'à ce que le niveau s'arrête à une des divisions inférieures du tube.

Je pèse le mercure de ces flacons et je connais ainsi les poids P, P', P'' ..... de mercure qui remplissent la par-

tie supérieure du tube DE, quand le niveau du mercure s'arrête aux divisions n, n', n'' ...... Je construis une courbe en prenant les nombres n, n', n'' en millimètres pour abscisses et pour ordonnées les poids P, P', P'' .... de mercure. A l'aide de cette courbe je puis déterminer le poids de mercure qui correspond à un nombre quelconque N de divisions de l'échelle métrique du tube DE, et qui indique le volume W exprimé en poids de mercure. Il est clair que l'on peut remplacer la courbe par une table numérique dressée d'après cette courbe.

Il faut maintenant déterminer la capacité V du tube métallique AB, en l'exprimant également par le poids du mercure que ce tube contiendrait.

Le manomètre est rempli complétement de mercure; le tube métallique AB est rempli d'air à la température t et sous la pression barométrique H réduite à 0°; les robinets R et R' sont dans la position que montre la figure 1. Je mets les robinets R, et R' dans les positions de la figure 2, et je fais couler du mercure par le robinet R' jusqu'à ce que le niveau s'arrête vers le bas du tube F G. Je note alors les divisions où les niveaux du mercure s'arrêtent dans les branches du manomètre, et j'en conclus à la fois le volume W et la dépression mercurielle h. J'ai alors

$$V d \frac{1}{1+\alpha t} \frac{H}{760} = (V+W) d \frac{1}{1+\alpha t} \frac{H-h}{760},$$

d'où

$$V = W \frac{H-h}{h}.$$

On peut répéter cette expérience un aussi grand nombre de fois que l'on veut et prendre la moyenne de toutes les valeurs ainsi trouvées pour V.

Dans une seconde série d'expériences, on remplira d'air sec sous la pression de l'atmosphère, non-seulement le tube métallique AB, mais aussi un volume connu v du tube DE ; on aura alors un poids d'air représenté par

$$(V+v)\,d\,\frac{1}{1+\alpha t}\,\frac{H}{760}\,;$$

puis, versant du mercure dans le tube FG, on refoule une portion de cet air dans le tube métallique AB jusqu'à ce que l'air n'occupe plus dans le tube DE qu'un petit volume v' qui permet néanmoins de mesurer l'excès de pression h'. Le poids de l'air est alors exprimé par

$$(V+v')\,d\,\frac{1}{1+\alpha t}\,\frac{H+h'}{760}.$$

On en déduit

$$V=\frac{vH-v'(H+h')}{h'}.$$

Les excès de pression h' qu'on peut obtenir sont limités par la hauteur du tube FG. Cette seconde série d'expériences donne de nouvelles valeurs de V que l'on peut comparer avec celles de la première série, et l'on peut constater ainsi le degré d'exactitude de l'instrument.

Les échelles métriques des deux tubes divisés du manomètre sont indépendantes l'une de l'autre; il faut donc chercher la différence de hauteur des zéros des deux échelles. Cela se fait facilement en remplissant le manomètre de mercure à différentes hauteurs, les deux tubes étant sous la pression de l'atmosphère, et notant les divisions correspondantes auxquelles les niveaux du mercure s'arrêtent. On vérifiera également ainsi l'exactitude

relative des deux échelles, leur parfait parallélisme, et, au besoin, on aura le moyen de corriger l'erreur résultant de ce que le parallélisme n'a pas été suffisamment réalisé.

J'ai négligé ici l'écart que l'air atmosphérique présente par rapport à la loi de Mariotte, mais il est facile de faire la correction qui en résulte, à l'aide des tables que j'ai données (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome XXI, page 420).

J'ai admis également que les variations de la pression intérieure ne faisaient pas subir, au tube métallique AB, un changement appréciable de capacité. On peut, en effet, négliger ce changement dans la plupart des cas. Si l'on veut en tenir compte, il faut déterminer préalablement le coefficient de compressibilité sur le tube A B lui-même, ou sur un morceau du même tube, par la méthode que j'ai décrite (*Mémoires de l'Académie*, tome XXI, p. 435).

J'ai supposé que le tube métallique A B avait un diamètre intérieur de 5 millimètres, et que le diamètre intérieur du tube mesureur D E était de 20 millimètres. Le rapport des sections des deux tubes est donc celui de $\frac{25}{400}$ c'est-à-dire de $\frac{1}{16}$. Si donc on donne au tube A B la même longueur qu'au tube D E, le tube A B pourra tenir de l'air à 16 atmosphères, qui se détendra dans le tube mesureur, en se mettant en équilibre avec la pression atmosphérique extérieure. Ainsi le manomètre, dans ces conditions, pourra marquer jusqu'à 16 atmosphères. Il pourra marquer jusqu'à 32 atmosphères, si l'on ne laisse détendre l'air dans le manomètre que jusqu'à 2 atmosphères. Or cela est toujours facile si l'on conserve au tube F G sa longueur ordinaire de 1 mètre.

Enfin, si l'on diminue la longueur du tube métallique

AB, ou si l'on diminue sa section, on pourra se servir du manomètre pour mesurer les pressions les plus élevées. Il est utile, dans ce cas, de porter le plus grand soin à la détermination de la capacité V. On obtiendra plus d'exactitude, en remplissant le tube AB d'air sec sous la pression de 4 à 5 atmosphères, à la condition que l'on pourra mesurer cette pression très-exactement sur un manomètre à air libre, toujours facile à établir dans un laboratoire pour de si faibles pressions, et l'on fera détendre cet air dans le mesureur jusqu'à la pression de l'atmosphère.

Le manomètre que je viens de décrire peut être utilisé dans les laboratoires pour d'autres recherches, notamment pour déterminer la loi d'élasticité des gaz facilement liquéfiables à diverses températures, et pour des forces élastiques variant depuis les plus faibles jusqu'à celles de 2 à 3 atmosphères. Il serait à désirer que les chimistes voulussent bien faire ces déterminations pour les nouvelles substances très-volatiles qu'ils trouvent dans leurs recherches.

Genève, le 20 mars 1871.

SUR LES VARIATIONS

DU

COEFFICIENT DE DILATATION DES GAZ

PAR

M. E.-H. AMAGAT
Professeur à Fribourg

La dilatation des gaz a été étudiée par un grand nombre de physiciens, Gay-Lussac en particulier exécuta sur ce sujet un travail qui fit longtemps autorité dans la science et qu'il résuma ainsi :

1° Tous les gaz se dilatent également.

2° Leur dilatation est indépendante de la pression.

3° Le coefficient de dilatation de tous les gaz entre 0° et 100° est 0,00375.

Depuis, les travaux de M. Regnault ont montré que ces lois ne sont qu'approximatives. Les gaz ont entre 0° et 100° des coefficients différents, et ces coefficients sont variables avec la pression ; mais on n'a pas cherché jusqu'à présent comment ils varient avec la température ; c'est cette question que je me suis proposée et qui fait l'objet du présent mémoire.

M. Regnault, il est vrai, a comparé les températures indiquées par des thermomètres plongés dans une même enceinte et formés de gaz différents, mais dans ces expériences la pression était variable, les écarts de la loi de Mariotte intervenaient dans les résultats, on ne peut donc rien en conclure pour la dilatation à pression constante.

Cette question a une grande analogie avec celle des écarts de la loi de Mariotte, c'est une cause du même ordre qui produit ces écarts et les variations des coefficients de dilatation, et, comme les écarts de la loi de Mariotte diminuent avec la température, il est naturel de penser que les variations en question tendent à s'effacer quand la température croît.

Mais ici une difficulté se présente : il faudrait pouvoir comparer de degré en degré les coefficients des différents gaz à celui d'un gaz dont le coefficient serait constant, c'est-à-dire dont les changements de volume seraient proportionnels aux accroissements de force vive des molécules. De fait, la question ainsi posée conduit à un cercle vicieux, car pour savoir si le coefficient d'un gaz est constant, il faudrait d'abord avoir un thermomètre donnant les températures absolues, et ce thermomètre, précisément, ne peut être construit qu'avec un corps dont il faudrait savoir d'abord si le coefficient est constant, ou comment il varie.

Cependant on peut chercher à tourner la difficulté en faisant intervenir les écarts de la loi de Mariotte. Comparons, en effet, un gaz comme l'acide sulfureux qui s'éloigne beaucoup de l'état de gaz parfait, avec un gaz comme l'air qui s'en écarte peu; admettons même pour un instant que l'air soit gaz parfait, nous commettrons une erreur, mais cette erreur sera très-petite relativement à la grandeur des différences que nous cherchons à obtenir.

Supposons maintenant qu'on ait déterminé par l'expérience, de degré en degré, les écarts de la loi de Mariotte pour différents gaz et pour l'air, on conçoit qu'on pourra établir une relation empirique entre ces écarts et la gran-

deur correspondante du coefficient de dilatation (le coefficient des différents gaz ayant été déterminé de degré en degré par rapport à celui de l'air considéré d'abord comme constant), et que cette relation appliquée à l'air lui-même fera connaître comment varie son propre coefficient, alors on comparera de nouveau les coefficients des autres gaz à celui de l'air ainsi modifié.

Cela revient, en définitive, à déduire le coefficient de dilatation de l'air à une température donnée de la manière dont ce gaz se comporte relativement à la loi de Mariotte à cette température.

Dans le présent travail j'ai seulement cherché à déterminer les coefficients de dilatation de l'acide sulfureux et de l'acide carbonique, de degré en degré, celui de l'air étant constamment représenté par le nombre 0,00367 donné par M. Regnault entre 0° et 100°.

Toutes mes expériences sont comprises entre 0° et 250°. Avant d'entrer dans l'examen des résultats, je décrirai d'abord la méthode expérimentale que j'ai adoptée après un grand nombre d'essais.

L'appareil que j'ai employé se compose de deux parties distinctes, dans l'une le gaz est porté à une température élevée, dans l'autre il est ramené à une température basse comprise généralement entre 0° et 10°.

La figure 1 (planche VII) représente la première partie de l'appareil.

A est une chaudière cylindrique en cuivre rouge de neuf litres de capacité, elle est remplie d'huile. Dans ce bain sont plongés deux cylindres en verre B, B' aussi égaux que possible et faits de même verre, chacun d'eux est prolongé par un tube capillaire recourbé et terminé par un robinet d'acier travaillé avec soin. Ces deux pièces

sont maintenues par une double pince fixée à une colonne en fer qui porte en même temps la chaudière.

Chacun des robinets R,R′ est relié par un petit tube en caoutchouc à un tube en verre garni de ponce sulfurique; ces deux tubes sont eux-mêmes mastiqués dans un double T en cuivre muni de quatre robinets : *a*,*a*′,*f*,*g*, enfin les robinets *a*,*a*′ communiquent chacun avec une série de tubes en U, destinés à purifier et dessécher les gaz.

La première opération est le desséchage des cylindres B,B′ destinés à recevoir l'air et le gaz qu'on lui compare. Voici comment on opère : le robinet *f* étant ouvert, les deux cylindres sont en communication; on ferme les robinets *a*,*a*′, on ouvre *g* et on fait le vide avec une machine pneumatique; puis on ferme *g* et on ouvre *a*′, l'air de l'atmosphère rentre alors dans les cylindres après s'être purifié et desséché dans les tubes en U qui font suite au robinet *a*′. On recommence cette opération une trentaine de fois et l'appareil est desséché (pendant cette opération l'huile qui entoure les cylindres est maintenue à une température élevée). Ceci fait, on ferme le robinet *f*. Les cylindres B,B′ sont alors séparés, B′ reste plein d'air sec et pur. Pour remplir le cylindre B du gaz que l'on étudie, on opère quatre ou cinq fois comme précédemment en manœuvrant le robinet *a* au lieu de *a*′, ce robinet ayant été mis en communication par les tubes en U qui le suivent avec la source du gaz. Alors on ferme le robinet *g*, *a* et *a*′ restent ouverts et *f* fermé, on porte le bain d'huile à la température voulue, indiquée par un thermomètre T et rendue uniforme par un agitateur *K*.

Quand la température est devenue stationnaire, ce qu'on obtient facilement, on ferme les robinets R,R′ et

on a alors renfermé des volumes connus de gaz à une température connue et sous la pression actuelle de l'atmosphère (la source de gaz ayant été enlevée avant la fermeture des robinets).

On enlève alors les cylindres, on les nettoie et les place chacun dans une pièce telle que *abcd* (fig. 2). Chacune de ces pièces se compose de deux parties *aaa*, *bbb* reliées entre elles par une tringle *d* munie d'un pas de vis et disposée de telle sorte qu'en tournant la tête de cette tringle la partie *aaa* monte ou descend dans l'autre entraînant le cylindre B. Une tringle *c* qui traverse librement les pièces *aa*,*bb*, vient s'engager dans la clef du robinet R que l'on peut alors ouvrir ou fermer en tournant la tête de la tringle.

Ces deux pièces semblables, dont une seule est représentée sur la figure, sont placées symétriquement dans une boîte en fer fixée à une forte équerre en bois.

A la partie supérieure qui est plus large, cette boîte a sa face antérieure K et les deux faces latérales en glace; elle est remplie de mercure jusqu'en *nn* et par-dessus on verse une colonne d'eau.

Les robinets R, R′ étant ouverts au moyen des tiges *c*, *c′* le mercure monte dans les cylindres, le gaz se contractant par le refroidissement; alors par le jeu des tringles *d*, *d′* on dispose les ménisques dans un même plan horizontal en les amenant sur le fil horizontal d'un cathétomètre placé en avant de l'appareil; pendant ce temps, un agitateur, qui n'est pas figuré sur le dessin, égalise la température de la colonne d'eau indiquée par un thermomètre T.

Fermons maintenant les robinets R, R′ et nous renfermons dans chaque cylindre les gaz sous la même pression

et à la même température, en même temps qu'une certaine quantité de mercure; enlevons les cylindres, vidons le mercure qu'ils contiennent, pesons-le, et nous aurons tous les éléments nécessaires pour calculer le rapport des coefficients de dilatation de l'air et du gaz étudié, entre la température du bain d'huile et celle de l'eau.

En effet, admettons d'abord pour simplifier que la pression des gaz soit rigoureusement la même dans les deux phases de l'expérience, il est évident alors que le mercure qui est rentré dans chaque cylindre représente la dilatation du gaz qui occupe alors le reste de la capacité du cylindre. Dès lors le rapport cherché s'obtiendra par le calcul le plus simple. Cependant la pression a varié et on peut en réglant convenablement le niveau du mercure dans les cylindres et dans la boîte, rendre cette variation très-faible, quelques millimètres par exemple, et alors il est facile de voir, en cherchant à faire la correction, que cette variation ne change pas le résultat parce qu'elle fait éprouver aux deux gaz des changements de volume proportionnels à leurs propres volumes ce qui ne change pas le *rapport* des coefficients de dilatation. J'ai dit des changements de volumes proportionnels, parce que la loi de Mariotte peut être appliquée sans erreur appréciable quand il s'agit d'une variation de pression de quelques millimètres.

Il reste à considérer les corrections à faire pour la dilatation des cylindres et le poids spécifique du mercure, mais les cylindres étant faits avec deux morceaux d'un même tube, ont le même coefficient de dilatation, et il est facile de s'assurer que les corrections s'annulent comme précédemment. En un mot, la symétrie parfaite de l'appareil annule toutes les corrections et le calcul se trouve réduit à une simple proportion.

Soient en effet V et V′ les volumes des gaz à la température basse, D et D′ les dilatations correspondantes ; V et D se rapportant à l'acide sulfureux, par exemple, V′ et D′ à l'air ; la proportion suivante :

$$\frac{D}{V} = \frac{D''}{V'}$$

fera connaître la valeur D″ de la dilatation d'un volume d'acide sulfureux égal à celui de l'air, dès lors le rapport des coefficients de dilatation sera $\frac{D''}{D'}$.

J'ai négligé dans cet exposé rapide une foule de précautions dont le détail serait trop long, j'indiquerai cependant que les robinets R, R′ étaient munis de petits cylindres en cuivre amalgamé, destinés à éviter l'absorption de la gaîne gazeuse adhérente, au moment où le mercure monte dans les cylindres.

Résultats. — J'ai examiné seulement l'acide carbonique et l'acide sulfureux, surtout l'acide sulfureux. J'ai d'abord déterminé, en prenant pour unité le coefficient de dilatation de l'air, celui des gaz précédents de 10 à 60°, de 10° à 100°, de 10° à 150°, de 10° à 200°, et enfin de 10° à 250°; j'en ai conclu les dilatations intermédiaires en interpolant au moyen de deux courbes de la façon suivante (voyez pl. VII) : Les deux courbes (1) et (2) sont relatives à l'acide sulfureux. Voici comment j'ai construit la courbe (n° 1) : les températures sont portées sur l'axe des abscisses, et les ordonnées correspondantes représentent les différences des volumes qu'occupent à chaque température des quantités d'acide sulfureux et d'air qui, à zéro, occuperaient le même volume, ce sont les différences de dilatation comptées depuis zéro.

Cette courbe étant construite, si l'on veut avoir le

coefficient moyen de dilatation de l'acide sulfureux entre deux températures quelconques, il suffira de diviser la différence des ordonnées correspondantes par le nombre de degrés qui les sépare, et on aura ce dont le coefficient de l'acide sulfureux surpasse celui de l'air pendant cet intervalle.

J'ai calculé par cette méthode le tableau ci-dessous qui donne de 10° en 10° jusqu'à 50° et ensuite de 25° en 25° le coefficient de l'acide sulfureux, celui de l'air constamment représenté par 0,00367.

Air : 0,00367.

Acide sulfureux.

de 0° à 10°	0,004220	de 100° à 125°	0,003786
» 10° » 20°	0,004005	» 125° » 150°	0,003771
» 20° » 30°	0,003930	» 150° » 175°	0,003760
» 30° » 40°	0,003890	» 175° » 200°	0,003754
» 40° » 50°	0,003863	» 200° » 225°	0,003750
» 50° » 75°	0,003830	» 225° » 250°	0,003748
» 75° » 100°	0,003806		

Je n'ai pas déterminé directement la dilatation de 0° à 10°, j'ai obtenu le nombre 0,004220 en retranchant la dilatation de 10° à 100° de celle de 0° à 100° donnée par M. Regnault ; il en résulte que ce nombre présente moins d'exactitude que les suivants ; supposons en effet le nombre donné par M. Regnault parfaitement exact, soit E l'erreur expérimentale qui affecte le nombre représentant la dilatation de 10° à 100°, il est facile de voir en faisant le calcul qu'il en résultera pour la dilatation de 0° à 10° une erreur égale à 9 E.

Les résultats précédents sont représentés par la courbe (n° 2) ; les températures sont encore comptées sur l'axe des abscisses, et les ordonnées correspondantes représentent les différences du coefficient de l'acide sulfu-

reux et de l'air. Si on suppose les deux courbes représentées par des équations, les ordonnées de la seconde seront proportionnelles aux dérivées des points correspondants de la première.

Pour l'acide carbonique, les différences étant beaucoup plus petites que pour l'acide sulfureux, il faut des changements de température considérables pour obtenir des différences sensibles dans le coefficient : ainsi, tandis que de 0° à 100° le coefficient de l'acide carbonique est 0,00371 (Regnault), entre 0° et 200° j'ai trouvé le nombre 0,003704. J'ai opéré aussi de 0° à 250°, mais j'ai trouvé un résultat qui diffère tellement peu du précédent que la différence devient illusoire parce qu'elle est du même ordre que les erreurs que l'on peut commettre.

Chacun des nombres que j'ai déterminés est la moyenne de dix à douze expériences aussi concordantes qu'on peut le désirer pour des expériences aussi délicates. Du reste il est un moyen facile de vérifier l'exactitude sur laquelle on peut compter : il suffit d'introduire le même gaz dans les deux cylindres ; on devra trouver pour chacun le même coefficient.

J'ai fait cette vérification avec l'air, voici les résultats de quatre expériences ; en représentant par 0,00367 le coefficient de l'air de l'un des cylindres j'ai trouvé pour l'autre :

0,003667
0,003671
0,003673
0,003673 } moyenne, 0,003671

On voit que, quoique les résultats les plus différents s'écartent d'une façon sensible, la moyenne est très-rap-

prochée de la vérité. Je dois dire, du reste, que j'ai trouvé plusieurs fois des écarts un peu plus considérables que ceux des nombres qui précèdent, c'est pour cela que j'ai exécuté un si grand nombre d'expériences pour chaque nombre que j'ai voulu déterminer.

Si nous considérons maintenant les résultats représentés par la courbe (n° 2), nous voyons que le coefficient de l'acide sulfureux décroît rapidement jusque vers 50°, moins rapidement ensuite, et que vers 250° la courbe semble devenir asymptotique non pas à l'axe des abscisses, mais à une ligne parallèle à celui-ci. On ne peut évidemment pas affirmer ce que deviendrait la courbe si on poussait les expériences jusqu'à des températures beaucoup plus élevées; cependant la forme de la partie construite semble indiquer que le coefficient de l'acide sulfureux tend vers une limite différente de celle du coefficient de l'air, et qui paraît voisine de 0,00374.

Les résultats relatifs à l'acide carbonique, quoique moins nombreux, conduisent à la même conclusion, puisque, comme je l'ai déjà dit, à partir de 200° la variation du coefficient est tellement petite que je n'ai pu l'apprécier avec certitude, et cependant à cette température le coefficient est encore égal à peu près à 0,003695, nombre bien supérieur encore à celui du coefficient de l'air.

Il est donc permis, d'après les résultats précédents, de faire une nouvelle hypothèse : c'est que le coefficient de chaque gaz tend vers une limite qui lui est propre et qui dépend sans doute de la complication de la molécule gazeuse. Mais on peut faire à cette hypothèse plusieurs objections. D'abord il faudrait renoncer à cette loi très-simple que les coefficients des gaz tendent tous vers une même limite; on pourrait même ajouter à l'appui, que

les gaz qui sont très-éloignés de leur point de liquéfaction ont à peu près le même coefficient, qu'ils semblent par conséquent avoir presque atteint cette limite commune. Cependant si, comme on l'admet généralement aujourd'hui, les écarts de la loi de Mariotte et, par conséquent, les variations des coefficients sont dus à l'inégale distribution de la force vive totale des molécules en forces vives de rotation et de vibration intérieure, et de translation, il est évident que les variations en question dépendront de la composition de la molécule; or précisément les gaz dont le coefficient paraît avoir la même limite sont des corps simples ou relativement simples (hydrogène, azote, oxygène, air (mélange de gaz simples), tandis que les autres gaz dont les coefficients sont plus forts et en même temps plus différents sont des corps composés (acide carbonique, acide sulfureux, protoxyde d'azote, cyanogène).

Il semble donc que le coefficient de dilatation est d'autant plus grand même à la limite, que la molécule est plus compliquée.

Or à première vue c'est le contraire qui paraîtrait plus rationnel, car plus la molécule est compliquée, plus elle doit absorber de force vive intérieure et par conséquent plus la force vive de translation qui produit le volume doit être petite; c'est même ce qui semble résulter immédiatement de la formule suivante bien connue :

$$\frac{Vu}{V} = \frac{3}{2}\left(\frac{C}{c} - 1\right) \quad \text{ou} \quad \frac{Vu}{V} = \frac{3}{2}\alpha\frac{Ap_0v_0}{c}$$

dans laquelle Vu représente la force vive de translation, V la force vive totale, c la chaleur spécifique à volume constant et C celle à pression constante, A, p_0, v_0 des

constantes. Mais il est évident qu'on suppose ici entre le volume occupé à une température donnée et le coefficient correspondant un rapport qui n'existe pas nécessairement ; du reste, si nous considérons bien le sens de la formule précédente, nous verrons que dans cette formule α a un sens plus précis que celui que nous avons attribué jusqu'ici au coefficient de dilatation, c'est l'inverse de la fonction de Carnot quantité absolument fixe. Mais alors une nouvelle objection se présente : si chaque gaz possède à la limite un coefficient spécial, quel est celui dont l'inverse donnera la fonction du Carnot ? Mais il est facile de voir que la détermination de cette fonction suppose un gaz idéal, qui en réalité n'existe pas, et rien n'implique théoriquement que tous les gaz et même qu'aucun des gaz connus ne soit susceptible *même à la limite* de devenir ce gaz parfait.

Au surplus, l'hypothèse que j'ai faite ne m'a été suggérée que par la forme de la courbe relative à l'acide sulfureux et les résultats concernant l'acide carbonique ; il est évident qu'il faudrait pour trancher la question pousser les expériences jusqu'à des températures excessivement élevées, et employer probablement des moyens expérimentaux qui dépassent les ressources de la plupart des expérimentateurs.

OBSERVATIONS

SUR LES

RECHERCHES DE M. PAYER

SUR

LES GLACIERS DU GROENLAND

PAR

M. CHARLES GRAD.

Lors de la dernière expédition scientifique envoyée par l'Allemagne dans les régions polaires, un jeune et brillant officier de l'armée autrichienne, le lieutenant Julius Payer, connu par d'importants travaux sur les montagnes du Tyrol, a été particulièrement chargé de l'étude des glaciers. Ses instructions lui prescrivaient de faire, à l'occasion de l'hivernage sur les côtes du Groënland, des courses aussi étendues que possible dans l'intérieur, afin d'étudier la marche, l'état et la constitution des glaciers. On avait alors encore peu de notions précises sur la constitution physique de cette région. Personne ne s'était avancé à l'intérieur du côté de l'orient, tandis que depuis les voyages du Dr Hayes, à partir des rivages de l'ouest et des glaciers qui aboutissent au port Foulke, M. Whymper avait à peine réussi en 1867 à franchir la lisière des glaces près des colonies danoises du Sud, arrêté qu'il était presque aussitôt par des obstacles insurmontables. L'importance des travaux entrepris dans les derniers temps sur l'époque glaciaire, la lumière qu'ils jettent sur une phase importante de l'histoire de la terre donnent un vif

intérêt aux laborieuses recherches de M. Payer sur les glaciers polaires.

Avant de considérer les glaciers, faisons une observation sur la limite inférieure des neiges persistantes. On pense encore généralement aujourd'hui que cette limite s'abaisse jusqu'au niveau de la mer vers la latitude du cap Nord, soit à l'extrémité septentrionale de la Norwége. Cette opinion n'est pas fondée. Il est difficile sinon impossible de fixer la limite inférieure des neiges, et celle-ci ne persiste pendant l'année entière que sur les points où elle se transforme en *névé* après une fusion partielle. Quiconque passe dans les Alpes vers la fin de l'automne trouve les flancs des pics élevés presque entièrement dépourvus de neige, tandis que de grandes nappes blanches s'étalent dans les dépressions du sol et dans les vallées entre les rocs à nu à la face supérieure des glaciers. Entre les glaciers et le névé ou la neige grenue, il y a une séparation complète et discordante. Les névés eux-mêmes sont divisés en couches annuelles que les glaciers entraînent dans leur marche vers les régions inférieures. Il faut considérer comme limite des neiges persistantes le bord inférieur de la dernière couche de névé en amont tel que la fonte l'a circonscrit pendant la saison chaude. Les contours de cette couche sont faciles à suivre. Tout ce qui se trouve au-dessus appartient à la région des neiges appelées éternelles, mais dont la limite dans une même chaîne de montagnes varie beaucoup selon l'exposition et suivant les années[1]. Ainsi cette limite oscille dans les Alpes entre 2600 et 3000 mètres; mais pendant certaines

[1] Voyez notre étude sur la limite des neiges persistantes et la distribution des glaciers à la surface du globe dans les *Annales des Voyages* de septembre 1867, page 275.

années chaudes, comme en 1865, nous avons vu les névés eux-mêmes disparaître jusqu'à une hauteur de 3300 mètres au-dessus du niveau de la mer sur les glaciers du Mont-Rose et au col de Théodule.

Au Groënland, M. Payer fixe la limite des névés, soit la ligne inférieure des neiges plus ou moins persistantes, entre 1000 et 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer, et dans le nord des îles Spitzbergen, M. Otto Torell trouva sur les versants des montagnes, à plus de 600 mètres, une végétation de phanérogames pareille à celle des plaines[1], tandis que les frères Schlagintweit donnent l'altitude de 5800 mètres comme limite des neiges sur le versant méridional de la chaîne de Karakoroum dans la haute Asie[2]. Cette limite ne correspond pas d'ailleurs avec l'isotherme de 0°, la ligne ou la région dont la température moyenne atteint 0 degré centigrade. Dans les Alpes l'isotherme de 0° atteint la limite inférieure des neiges vers le pied des montagnes en janvier. A partir de ce mois jusqu'en juillet, l'isotherme de 0° s'élève au-dessus du bord des neiges pour s'abaisser au-dessous à partir du mois d'août, de telle sorte que la température moyenne de l'atmosphère fixée à 0° se trouve plus haut que la ligne des neiges pendant la première période et plus bas pendant la seconde. Ajoutons que si l'élévation de la limite inférieure des neiges persistantes varie peu dans une même zone, et que si les deux versants d'une même chaîne de montagne présentent seulement de faibles différences en rapport avec l'exposition, il n'en est

[1] Torell et Nordenskjöld, *Die schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen*. Iéna, 1869, page 275.

[2] Herrmann de Schlagintweit, *Reisen in Indien und Hoch-Asien*; troisième volume. Iéna, 1871.

pas de même de l'extrémité inférieure des glaciers. Les glaciers descendent d'autant plus bas que leurs vallées sont mieux abritées, et qu'ils reçoivent des masses de neige plus considérables dans les régions supérieures. Le glacier inférieur de Grindelwald, qui est celui qui descend le plus bas dans les Alpes, s'arrête à 980 mètres au-dessus de la mer, soit à 2000 mètres environ plus bas que la limite des neiges et en un point dont la température moyenne atteint 8° centigrades. Dans les monts Himalaya, le glacier de Couphinié descend à 3450 mètres, soit à 1100 mètres au-dessous de la limite des neiges qui s'arrête là à 4550 mètres. Enfin à la Nouvelle-Zélande, par 43° et 44° de latitude australe, les glaciers du versant est s'arrêtent à une altitude de plus de 700 mètres, tandis que sur la pente opposée on les voit descendre jusqu'à 200 mètres seulement au-dessus de la mer, au sein d'une riche végétation de fougères arborescentes.

A la Nouvelle-Zemble, dont la température moyenne ne s'élève pas en été au-dessus de 2°,5 centigrades selon M. Spörer, et qui est réputé comme le pays le plus froid du globe, la neige disparaît chaque année sauf dans quelques gorges, dans des dépressions peu étendues [1]. Nulle part le niveau des neiges persistantes ne descend jusqu'au niveau de la mer. Quant au Groënland, une carte détaillée ferait ressortir le peu d'étendue relative de la surface toujours recouverte de neige là même où s'étendent les plus grands glaciers du monde. M. Payer admet que dans cette région « toute vallée issue d'un massif de 1000 à 1200 mètres d'élévation renferme un glacier. Les dimensions

[1] Spörer, *Novaja-Zembla*. Gotha, 1868.

de ces glaciers varient beaucoup. Il y en a de toutes les grandeurs, depuis la coulée étroite issue des hauts névés et que les avalanches précipitent en lambeaux au bas des gorges, jusqu'au fleuve de glace majestueux, au cours immense, descendant dans la mer avec une tranche verticale de 1000 pieds d'élévation. On peut évaluer à plus de 70 kilomètres l'étendue de plusieurs de ces grands glaciers d'où proviennent les énormes masses flottantes accumulées à l'intérieur des bras de mer et le long des côtes.

Pendant que M. Payer faisait ses observations sur la côte orientale du Groënland, le chef des expéditions suédoises aux îles Spitzbergen, M. Nordenskjöld, s'avançait en juillet 1870 à l'intérieur des champs de glace jusqu'à 70 kilomètres de leur lisière extérieure. A cette distance du bord des glaciers, à 600 mètres environ au-dessus de la mer, des glaces sans limite se montraient seules au regard. Déjà en 1860, le D[r] Hayes s'était avancé à l'intérieur de la mer de glace à 128 kilomètres de son extrémité aboutissant au port Foulke, sans apercevoir non plus la limite de cet immense amas. La surface de ces glaces est inégale, accidentée, parsemée de hauteurs et de dépressions où se forment de petits lacs, coupée de courants d'eau considérables alimentés par la fonte sous une température de 20 degrés centigrades et au-dessus ! Tous ces courants s'engouffrent dans les crevasses et diminuent beaucoup pendant la nuit, durant laquelle l'eau gèle aussi à la surface des lacs.

Ainsi les glaciers des régions polaires comme ceux des Alpes sont exposés en été à une haute température dont l'effet est d'autant plus sensible au Groënland que le soleil y reste alors plus longtemps au-dessus de l'horizon.

Le Dr Hayes, qui s'avança encore plus à l'intérieur que M. Nordenskjöld, éprouva en octobre 1860 un froid de — 35°, à 1500 mètres il est vrai au-dessus du niveau de la mer et à 128 kilomètres au moins du littoral. Il y avait alors à la surface des glaciers une épaisse couche de neige au lieu de courants d'eau. Malgré l'élévation progressive de la glace vers l'intérieur, ni M. Nordenskjöld, ni le Dr Hayes n'aperçurent point de montagne visible, partant point de moraines. Suivant toute apparence, le Groënland occidental est enseveli sous une immense accumulation de glace continue qui débouche du côté de la mer par autant de glaciers distincts qu'il y a de vallées principales. Une ligne de hauteurs dont le versant abrupt est tourné vers l'Orient, parcourt le pays du sud au nord à partir du cap Farewell, et le partage en deux versants, dont celui de l'ouest est beaucoup plus étendu que celui de l'est.

Ce qui confirme cette conjecture, c'est le développement beaucoup plus considérable des glaciers de l'ouest mis en évidence par les dimensions énormes et la quantité des glaces flottantes accumulées à l'intérieur des golfes et le long des côtes occidentales. Tandis que les glaciers de l'est, décrits par M. Payer, sont distincts et ne communiquent pas entre eux, ceux de l'ouest sont alimentés par une même mer de glace intérieure. Ces glaciers ne débouchent pas indifféremment sur tous les points du littoral. Quand ils atteignent les côtes, ils se déchargent le long des lignes de plus grande pente aboutissant au fond des golfes et des bras de mer. Ils plongent sous les eaux et continuent à s'avancer au milieu des flots jusqu'à ce que la force d'émersion les fasse éclater et détache de

l'extrémité des cubes solides qui mesurent un kilomètre de côté et plus, et que la mer emporte ensuite. La hauteur de ces masses flottantes dépasse souvent 300 mètres avec une élévation de plus de 30 mètres au-dessus du niveau des flots. Sur les côtes occidentales des îles Spitzbergen baignées encore par les tièdes extrémités du Gulfstream, les dimensions des glaces sont moins considérables parce que les glaciers se fondent au contact de l'eau à mesure qu'ils s'avancent, laissant seulement la tranche située au-dessus de la surface[1]. On peut observer un fait semblable au lac Märjelen au bord du glacier d'Aletsch, dans les Alpes, où les flancs du glacier en contact avec les eaux du lac se fondent jusqu'à son niveau, tandis que la tranche supérieure se détache pour former sur le lac des glaces flottantes. Quant à la quantité de glaces flottantes jetée à la mer par les glaciers du Groënland, M. Holböll, dans un mémoire de la *Revue danoise* de septembre 1858, estime à 800 ou 900 millions de mètres cubes celle qui est expulsée chaque année par le golfe de Godhaal, sous 65° de latitude, dont le bassin est un des moins étendus. M. Holböll fonde son évaluation sur la quantité de glace contenue dans le bras de mer à un moment donné et sur le temps qu'elle emploie pour en sortir. Le glacier de Godthaal touche le rivage sur une faible étendue seulement le grand glacier de Humboldt sur les côtes du détroit de Smith la borde sur une longueur de 110 kilomètres.

Tous les glaciers du Groënland n'atteignent pas la mer. Dans ce cas leur extrémité ne donne issue non pas à des

[1] Charles Grad, *Esquisse physique des îles Spitzbergen et de la zone arctique*, page 50. Paris 1866.

torrents comme ceux des Alpes, mais, comme l'a vu M. Payer, à de véritables fleuves, jaillissant par des voûtes immenses. Quand les glaciers dépassent les côtes et s'avancent dans la mer, le courant d'eau formé sous la glace n'en est pas moins sensible. Il se manifeste par une sorte de bouillonnement pareil à celui de fortes sources en avant des glaces. Ce bouillonnement indique la marche du courant intérieur. L'eau bouillonne comme si elle était animée par une sorte de tourbillon, elle est colorée par la boue provenant du frottement du glacier sur les roches du fond, et des nuées d'oiseaux marins y plongent sans cesse afin d'en tirer leur nourriture. Lors de son séjour au Groënland, M. Rink a observé ce fait dans le Quanefjord, près de Frédérikshaal. Les glaces intérieures pénètrent dans ce bras de mer par ses deux extrémités. M. Rink vit distinctement dans la bouche méridionale, du haut d'une colline située à un millier de mètres de distance, ce bouillonnement caractéristique semblable à celui de fortes sources jaillissant du fond sur une surface de plusieurs hectares, tandis que des foules de mouettes (*Larus tridactylus*) voltigeaient au-dessus comme auprès d'un banc de poissons. De plus le bras de mer était coloré par une eau limoneuse, quoiqu'aucun fleuve ne fût visible du côté de la terre. Le mouvement de la glace se manifestait aussi par de légers crépitements, tandis que des fragments de petites dimensions se détachaient de la masse et tombaient dans l'eau. Les indigènes qui accompagnaient l'expédition prétendaient que les sources — le nom sous lequel ils désignent cette sorte de courant — étaient visibles de ce point seulement, mais qu'ici elles n'étaient rien en comparaison de celles de la branche

septentrionale, dont le fond n'était pas accessible alors [1].

Un Groënlandais des environs du fjord de Godthaal, bien instruit de la configuration de son pays, remit à M. Rink une description de la lisière des glaces entre 64° et 65° de latitude accompagnée d'une carte détaillée. Cette carte représente les petits courants d'eau qui débouchent à l'intérieur du Golfe ou du fjord de Godthaal, ainsi que l'extrémité des glaciers qui atteignent le rivage. Sur deux points où les glaciers descendent dans l'eau, elle indique de fortes *sources* à la surface du bras de mer, sources dont la position était indiquée à une certaine distance par les nuées d'oiseaux qui tourbillonnent au-dessus. Un petit lac situé à l'intérieur des terres, mais au bord du glacier présente aussi le même bouillonnement que la mer. Le niveau de ce lac s'élève et s'abaisse périodiquement. Pendant que ses eaux s'élèvent, les sources situées dans le bras de mer diminuent, et elles augmentent quand le niveau du lac baisse. Quelquefois la baisse du lac est subite; les sources situées dans la mer, en avant du glacier, augmentent alors de force à tel point qu'on remarque un courant très-sensible dans les eaux du bras de mer à plusieurs milles de distance de la lisière des glaces. Sans aucun doute les oscillations de niveau du lac, comme celles des sources de l'intérieur du golfe proviennent du courant d'eau intérieur qui circule sous le glacier, courant dont le volume et la force varient aussi suivant l'intensité de la fusion à la surface et à l'intérieur des glaciers, soit encore selon le changement des crevasses ou des canaux qui se forment dans ses flancs.

[1] H. Rink, *Om Vandets Aflod fra det Indre of Gronland ved Kilder under Isen.* Copenhague, 1862. — *Annales des Voyages* de décembre 1865, page 268 et suivantes.

De même les renseignements fournis par les Groënlandais des districts de Juliansbaal, de Frédérickshaal, sur les côtes septentrionales, indiquent la présence de sources semblables et partant de fleuves sous-marins formés d'eau douce d'origine glaciaire partout où les glaciers descendent jusqu'à la mer, et d'autant plus considérables aussi que les glaciers sont plus puissants. On a seulement observé le bouillonnement des sources depuis le rivage, car l'accès du glacier est difficile du côté de la mer. Les innombrables essaims d'oiseaux toujours réunis au-dessus des sources en annoncent le voisinage. D'un autre côté l'eau douce des courants sous-marins d'origine terrestre ne gèle pas en hiver : les phoques y établissent leur séjour de prédilection à l'intérieur des bras de mer et des golfes où ils débouchent, quand les baies et les autres parties du littoral sont prises de glace.

Les courants d'eau alimentés par la fusion des glaciers du Groënland persistent donc en hiver, et la température du fond sur lequel les glaciers reposent reste à peu près invariable en toute saison et présente une moyenne supérieure à celle de l'air. Dans les Alpes, M. Dollfus-Ausset a constaté que les glaciers de l'Aar et du Grindelwald ne fournissent point d'eau en hiver. L'ablation ou la fusion s'arrête au contact du sol sous les petits glaciers alpins, tandis qu'au Groënland elle continue. M. Rink affirme avoir observé, dans les districts du nord, à l'intérieur du fjord de Pakitkok, près Jakobshavn, un de ces courants d'origine terrestre, encore nettement distinct à la fin de l'automne, à une époque où la plupart sinon tous les torrents qui coulent à la surface du sol sont taris. L'eau était troublée par des particules de boue comme les torrents d'origine glaciaire le sont toujours, bien différente

par conséquent des courants d'eau claire alimentés par des lacs ou des sources qui peuvent persister sur terre en hiver. Si j'ai bonne mémoire, le Dr Kane a découvert sur les côtes du détroit de Smith, par 79° de latitude, un courant d'eau semblable provenant d'un glacier et persistant en hiver. Sous l'immense couverture de glace qui revêt le sol sur une épaisseur de plusieurs milliers de pieds, les variations de température ne se font plus sentir. Elle ne s'abaisse pas probablement au-dessous de 0° au contact de la glace, et augmente assez vite dans le sens de la profondeur, de manière à favoriser la fusion de la face inférieure des glaciers même pendant la saison froide. Notons enfin que les observations faites pendant trois ans par M. Rink dans la colonie de Godthaal portent à —1°,73 C. la température moyenne de l'air, tandis que celle du sol atteint + 1°,25 à quatre pieds de profondeur après y avoir marqué 5° pendant le mois d'août, pour s'abaisser au-dessous de 0 en mars et en avril. En hiver la neige qui abrite le sol contre un froid trop intense, et en été la présence prolongée du soleil au-dessus de l'horizon ainsi que l'influence de quelques pluies tièdes, expliquent cette différence.

A notre grand regret, les observations exactes sur l'importance de l'ablation ou de la fusion à la surface des glaciers du Groënland font complétement défaut. Une expérience de M. Rink fixe entre 750 et 900 millimètres la hauteur moyenne des précipitations atmosphériques, pluie et neige, dans le district de Godthaal. Selon toute probabilité l'abondance des précipitations diminue à la surface des glaciers vers l'intérieur, mais il est impossible d'estimer leur rapport avec la hauteur de l'ablation. Tout ce que nous savons, c'est qu'en été la

fusion des glaces et des neiges y est très-considérable. On se rappelle la description des grands courants d'eau rencontrés sur toute l'étendue de la mer de glace intérieure par M. Nordenskjöld. Le lieutenant Payer rapporte aussi que sur les glaciers de l'est la neige était en complète fusion dès le commencement de l'été à des hauteurs de 2000 mètres et plus, au point que l'ascension de certains versants était devenue impossible parce qu'on enfonçait dans la neige à chaque pas comme dans une masse liquide dont les bâtons de voyage ne pouvaient atteindre le fond. La fusion continue en été tant que le soleil demeure au-dessus de l'horizon pendant les jours sereins : je l'ai trouvée de 70 à 80 millimètres par jour sur certains points du glacier d'Aletsch en août 1869, tandis que M. Dollfus-Ausset a vu l'ablation d'une tranche de glace de 1460 millimètres enlevée par la chaleur en trente-quatre jours sur le glacier de Saint-Théodule, près du mont Cervin, à 3000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

En général, les glaciers du Groënland présentent une teinte d'un blanc verdâtre. On y remarque des apparences de stratification comme dans les Alpes et aux îles Spitzbergen. Toutefois, les grands glaciers groënlandais, selon la remarque de M. Payer, ont une surface relativement unie, au lieu de tomber en cascades, de former une série de marches, de se décomposer en un cahos d'aiguilles comme nos glaciers des Alpes quand ils descendent suivant une pente rapide. Par suite de variations de température moins fréquentes, moins intenses, les glaces des terres polaires acquièrent aussi une densité moindre que dans nos montagnes après un parcours égal. En conséquence, la glace des glaciers arctiques devient moins

transparente, moins pesante que chez nous. Néanmoins, si cette glace a peu de crevasses, si elle se transforme plus lentement que dans les Alpes, si elle reste longtemps à l'état où nous la voyons dans les régions supérieures des glaciers alpins, nous ne saurions attribuer avec M. Payer la rareté et le peu de largeur des crevasses, ni l'absence des aiguilles à une élasticité plus grande, mais bien à une plus grande épaisseur des glaciers et à une moindre inclinaison du fond. De plus, ces propriétés des grands glaciers du Groënland se prononcent encore contre la théorie mise en vogue par M. Tyndall, de la transformation et du mouvement de la glace sous l'influence unique de la pression des parties supérieures sur les parties inférieures.

Par contre, comme dans les Alpes, la limite inférieure des névés partage les glaciers du Groënland en deux parties, l'une dépourvue parfois, l'autre recouverte de neige en toute saison. Il en est de même pour les glaciers des Spitzbergen, que M. Charles Martins, en se fondant sur des observations insuffisantes, assimile à tort à la partie des glaciers alpins située au-dessus de la limite des neiges persistantes. Sur les glaciers de la côte orientale du Groënland, à 1500 mètres d'altitude, M. Payer trouva une épaisseur de névé d'un pied. Les neiges s'accumulent là en plus grande abondance sur le versant nord des montagnes que sur le versant opposé mieux abrité contre les vents dominants, en sorte que, dans ces régions, l'ascension des montagnes est plus facile du côté du midi, quand les neiges sont ramollies pendant la saison chaude.

L'expédition allemande a négligé les observations sur le mouvement des glaciers. M. Payer s'est borné à déter-

miner la vitesse du déplacement d'un glacier de l'intérieur, au moyen d'une expérience de trente heures seulement et qui indiqua un déplacement de 125 millimètres par vingt-quatre heures. Une autre observation faite au moyen d'une ligne de piquets plantés à l'aide du théodolite sur un embryon de glacier dans la proximité du port d'hivernage de l'expédition, ne donna pas de résultat appréciable. En 1860, le compagnon du Dr Hayes, dans les régions polaires, Auguste Sonntag, constata, du mois d'octobre au mois de juin suivant, un avancement total de 29 mètres, soit en moyenne 120 millimètres par jour, pour le glacier qui aboutit au port Foulke dans le détroit de Smith, par 78° de latitude nord. Cette observation paraît se rapporter à l'extrémité du glacier. Quant à l'observation de M. Payer, nous ne savons à quel point la rattacher. Or la vitesse du mouvement varie beaucoup suivant le point observé et dépend de l'épaisseur, de la pente du fond, etc. Dans une communication faite à la séance du mois de novembre 1869, de l'Académie des sciences, j'ai indiqué les résultats des observations faites avec mon ami, M. Anatole Dupré, sur le glacier d'Aletsch, pendant les mois d'août et de septembre. Le mouvement avait sur ce glacier une vitesse maximum de 505 millimètres par vingt-quatre heures, à une distance de 15000 mètres de l'extrémité inférieure, de 392 millimètres à une distance de 8000 mètres, de 264 millimètres à une distance de 2000 mètres. Je ne puis entrer ici dans de plus grands développements sur ces observations que j'ai décrites ailleurs en détail [1]. J'a-

[1] Une campagne sur le glacier d'Aletsch, dans les *Annales des Voyages* de juillet et août 1870.

jouterai seulement que le mouvement de translation des glaciers du haut des vallées vers les régions inférieures est continu, mais inégal. Variable d'une saison à l'autre, il diffère aussi pour les points d'un même glacier, augmentant depuis les bords vers le milieu et du fond à la surface, où le lieu des points de la vitesse maximum correspond à la plus grande épaisseur, déviant à droite, à gauche du milieu apparent du bassin, suivant la ligne de plus grande pente du fond. On ne saurait déterminer avec précision la pente du fond, mais il est facile de reconnaître celle de la surface, et tandis qu'elle atteint une inclinaison moyenne de 6 à 8 degrés pour les grands glaciers des Alpes, elle est à peu près nulle pour les glaciers issus de l'immense mer de glace qui recouvre le Groënland occidental, dépassant à peine un degré pour l'espace parcouru par le Dr Hayes à partir du port Foulke, et descendant beaucoup au-dessous pour des glaciers dont le parcours atteint 400 kilomètres. L'expédition suédoise que M. Nordenskjöld va diriger de nouveau dans les contrées polaires, rendrait à la science un service signalé, en fixant avec précision le mouvement des glaciers dans ces régions.

A plusieurs reprises, j'ai appelé l'attention sur la décroissance des glaciers des Alpes pendant les dernières années [1]. Pendant ses explorations des montagnes du Tyrol, M. Payer a vu les glaciers du groupe de l'Oertler se réduire de 1865 à 1868, au point de devenir à peu près méconnaissables. Il constata une diminution semblable des glaces dans le Groënland oriental. « Déjà pendant l'automne de 1869, dit son rapport, je fixai mon

[1] Bulletin de la Société de Géographie de janvier 1869.

attention sur quelques moraines, et sur des polis glaciaires sans glaciers dans le voisinage. La deuxième de mes grandes courses en traîneaux, sur une étendue de 350 kilomètres, entreprise vers l'intérieur à la fin d'octobre et au commencement de novembre, soit pendant des journées fort courtes, me permit de faire, sur ce sujet, des observations qui ne laissent aucun doute. Une barrière d'un blanc mat, qui semblait séparer de nous le fjord Tyrolien, encore inconnu alors et situé à un mille au nord, se déploya comme le puissant talus de l'extrémité d'un glacier. Si naturelle que fût cette découverte, elle nous surprit cependant tous, car, comme nous pouvions déjà en juger de loin, nous avions devant nous un glacier de premier rang. Le traîneau fut donc laissé en arrière. Nous gagnâmes, après une marche pénible d'une heure et demie sur la surface glissante et gelée du bras de mer, une sorte de piton rocheux de 100 mètres d'élévation complétement isolé des parois voisines. Sur la rive opposée du fjord nous aperçûmes un promontoire semblable. Ces promontoires, derrière lesquels se dressait un courant de glace adossé contre une moraine terminale recourbée en cercle aux proportions gigantesques, offraient une preuve du mouvement des glaciers, comme je n'en ai jamais vu ni auparavant ni depuis. La surface du piton était parfaitement polie et plissée en une série d'ondulations parallèles atteignant une toise de profondeur. Ces ondulations traversaient le roc avec une inclinaison de 8° dans la direction du sud. Une déviation se présentait-elle dans la direction de ces ondulations, du côté du débouché du glacier, elle se trouvait toujours en rapport avec des proéminences du rocher. Outre les grandes ondulations, il y avait des cannelures plus petites, d'un

pouce de profondeur seulement, mais qui leur étaient aussi parallèles. Les premières sont une conséquence des oscillations du glacier et de l'inégalité de sa décroissance, les autres proviennent du frottement des blocs serrés contre les parois par le glacier en mouvement. »

Partout où le permettait l'inclinaison de la surface polie du piton, il était recouvert de blocs d'un mètre cube, souvent entassés les uns sur les autres, souvent placés dans les positions les plus critiques. Au pied des escarpements du fjord s'étendaient des moraines latérales disposées en forme de terrasses jusqu'à la hauteur de 20 mètres. Évidemment le grand glacier avait abandonné ce point depuis longtemps.

Après avoir franchi la plaine semée de décombres et de petits lacs à surface gelée, les voyageurs atteignirent la moraine frontale élevée de 45 mètres, par-dessus laquelle les torrents issus du glacier se précipitaient en gigantesques cataractes maintenant converties en glace. Quelle masse d'eau le fjord doit recevoir à l'époque où le soleil reste constamment au-dessus de l'horizon ! En arrière, le rempart de décombres s'abaissait d'une douzaine de mètres vers l'extrémité du glacier. Le courant de glace lui-même, d'un bleu d'azur et d'une pureté parfaite, s'élevait en groupes épars, redressés, fondus les uns dans les autres, mais sans présenter les vives arêtes des aiguilles de nos Alpes, circonstances qu'explique l'intensité de la fonte pendant le long jour polaire.

M. Payer trouva la glace tout à fait lisse. Il gravit avec peine une de ces ondes, portant les instruments et soutenant de la main son compagnon blessé au pied. Alors seulement il put embrasser le glacier dans son ensemble.

« Je comptai, dit-il, cinq grands affluents qui descendaient en se crevassant entre les bords du fjord, du haut des collines en forme de plateaux. Sans doute ces brèches gigantesques faites dans les parois du fjord proviennent de l'action érosive de la glace continuée pendant des milliers d'années. De magnifiques polis s'étalaient jusqu'à une hauteur de 200 mètres dans le fond, à 150 mètres au-dessus du niveau d'une plaine, aux contours nettement dessinés sur les escarpements de granits syénitiques. Le lendemain je découvris, sur le pied méridional du cap Antonie, une vieille moraine latérale bien émurée à une élévation de 150 mètres. La crête de cette traînée de débris, déposée depuis des siècles, se détachait comme le faîte d'un toit sur les parois rocheuses. Dans le voisinage, on voyait les mêmes dépôts de transport composés d'éléments à vives arêtes. Les promontoires du littoral présentaient aussi des roches moutonnées et des surfaces polies. »

Un autre glacier situé à l'intérieur de la côte orientale, et dont la pente totale peut être évaluée à 10°, était accompagnée de cinq moraines latérales disposées en étages indiquant les niveaux successifs de la glace dans son mouvement de décroissance. Aux îles Spitzbergen, on trouve également des traces d'une plus grande extension des glaciers, consistant en moraines anciennes, situées à de grandes distances des glaciers ou dans des localités où les glaces ont à peu près complétement disparu, comme, par exemple, sur la rive droite de la baie Wijde qui s'ouvre au nord par 80° de latitude; tandis qu'ailleurs, comme sur les bords du canal de Hinlopen, près du mont Lovèn, la présence de roches polies et moutonnées bien au-dessus du niveau actuel des glaciers, rend

témoignage de leur décroissance. Certains dépôts de transport des Spitzbergen observés notamment sur les bords du détroit de Hinlopen et de la baie d'Advent [1] renferment des coquilles de *Mylitus adalis*, espèce vivante qui habite encore les côtes de la Norwége, mais dont les savants suédois n'ont plus trouvé un seul individu dans les parages des Spitzbergen. Ce mollusque s'est probablement éteint dans ces mers lors de la grande extension des glaces qui ont sans doute recouvert le pays entier pendant un certain temps. Le grand développement des glaciers des Spitzbergen et du Groënland a dû correspondre à l'époque où les glaciers des Alpes se sont étendus bien en dehors de leurs limites actuelles, où les glaces ont envahi les vallées du Jura et des Vosges. Selon les récits des Esquimaux, faits en 1860 au Dr Hayes, les glaces auraient apparu dans la baie Melville en même temps que dans le détroit de Smith, et ces populations auraient quitté la terre de Grinell et les abords du glacier de Humboldt, après l'extinction du bœuf musqué dont les ossements sont épars sur ces côtes, et dont l'espèce a dû disparaître avec les pâturages qui le nourrissaient sous l'influence d'un refroidissement subit du climat à une date encore peu éloignée.

Je n'essaierai pas d'accorder les traditions des Esquimaux sur le développement relativement récent des grandes glaces du Groënland, avec les données positives acquises sur l'époque glaciaire en Europe et en Amérique. Il faut toutefois remarquer que l'extinction du bœuf musqué (*Ovibos moschatus*) n'a pas été complète au Groën-

[1] A.-E. Nordenskjöld, *Sketch of the geology of Spitzbergen*, p. 53. Stockholm, 1867.

land, car l'expédition allemande a trouvé ce ruminant dans les vallées de la côte orientale, en 1870. Si l'espèce a disparu de certains cantons de l'archipel polaire, sa destruction peut être la conséquence d'une chasse trop active, comme aussi d'un redoublement du froid à un moment donné. Si, dans les Alpes, les glaciers de Grindelwald peuvent avancer et reculer de 500 à 1000 mètres, sous nos yeux pour ainsi dire, dans l'espace de deux siècles, les grands glaciers des régions polaires sont bien susceptibles de subir à leur extrémité des oscillations plus considérables encore.

Quant à la diminution des glaciers, M. Julius Payer l'attribue surtout au polissage de plus en plus parfait du fond sur lequel ils se meuvent. Je ne saurais nullement partager cette opinion, puisque la limite supérieure des polis anciens s'élève dans les Alpes à 3000 mètres, tandis que les glaciers actuels gelés au sol entre 2500 et 2600 mètres strient les roches sur une moindre étendue qu'autrefois. Rien de plus certain d'ailleurs, ni de plus clair que la décroissance générale des glaciers sur toute la surface du globe à une époque relativement peu éloignée de nous. Cependant, il serait difficile d'affirmer d'une manière positive, si la réduction des glaces suit une marche continue depuis le temps de leur plus grande extension, ou bien si la puissance des glaciers subit de simples oscillations qui les font avancer ou reculer entre certaines limites en rapport avec les variations d'humidité et de température de l'atmosphère. De petits glaciers se forment encore dans des vallées qui en sont dépourvues, pendant que d'autres sont détruits sous nos yeux. Mais ces événements se trouvent en dehors de toute proportion avec les phénomènes étonnants de la

grande époque glaciaire. Les conditions actuelles de l'atmosphère terrestre ne pouvant pas expliquer ces phénomènes, les causes de la formation et de la décroissance des anciens glaciers, doivent être cherchées en dehors des limites étroites de notre globe, dans une action cosmique susceptible de modifier les lois qui régissent ses conditions physiques présentes.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Elias LOOMIS. COMPARAISON ENTRE LES VARIATIONS MAGNÉTIQUES, LE NOMBRE DES AURORES BORÉALES ET L'ÉTENDUE DES TACHES SOLAIRES.

Les nouvelles recherches de M. Loomis présentent un grand intérêt par le nombre des observations qu'il a recueillies, le soin avec lequel il les a discutées, et les résultats importants auxquels il est parvenu. Nous nous bornerons, pour le moment, à en donner un court résumé, nous réservant de revenir plus tard avec plus de détails sur tout le sujet.

Après avoir rappelé sommairement, en les discutant, les observations antérieures de Schwabe et de divers autres astronomes, plus particulièrement celles de Wolf, il arrive à croire que les maxima du nombre des taches solaires reviennent exactement tous les dix ans, ce qui donne pour la longueur moyenne de la période le chiffre de dix ans, au lieu de dix ans et quelques mois, ou onze ans.

Si l'on attribue les fluctuations dans l'apparence de la surface du soleil à l'influence des planètes, il faut remarquer que Jupiter, dont la révolution a une durée de 11,86 années, est celle des planètes qui, sous ce rapport, se rapproche le plus de la période de 10 à 11 ans, quoique sa révolution soit cependant de neuf mois plus considérable que la période assignée par M. Wolf aux maxima des taches solaires et de deux ans plus grande que celle que M. Loomis leur assigne. Mais, d'un autre côté, il ne faut pas perdre de vue que l'intervalle entre deux conjonctions héliocentriques de Jupiter et de Saturne est de 19,86 ans. Il en résulte que c'est au bout d'un intervalle de 9,93 années que Jupiter et Saturne sont, soit en conjonction, soit en opposition ; et si nous supposons que l'action de ces planètes sur le soleil ait quelque analogie avec celle de la lune sur la terre dans la production des marées,



nous pouvons trouver là une cause dont la période correspond tout à fait exactement à la période moyenne des maxima des taches solaires. Il faudrait encore expliquer pourquoi cette dernière période augmente et diminue alternativement de trois à quatre ans, et pourquoi les maxima successifs sont variables dans leur grandeur absolue. Cela peut tenir peut-être en partie à la position de Jupiter et de Saturne dans leurs orbites au moment de la conjonction et de l'opposition, peut-être aussi en partie à un changement dans l'état magnétique du Soleil dans le siècle passé.

Cette influence sur la période moyenne des taches solaires, des conjonctions et des oppositions de Jupiter et de Saturne, se trouve acquérir un degré de probabilité de plus par le fait que Vénus et la Terre semblent exercer une action analogue, ainsi que cela résulte des recherches de M. Carrington, discutées avec soin par MM. Delarue et Stewart. Ainsi, tandis que la période de dix années pour les taches solaires serait diminuée par les conjonctions héliocentriques de Jupiter et de Saturne, les principales fluctuations dans le nombre et l'étendue des taches solaires en dehors de la période normale des dix années, tiendraient aux conjonctions et oppositions héliocentriques de Vénus et de la Terre. Il faut ajouter que les variations dans la période des dix années qui peut aller de sept à treize ans, ainsi que les grandes fluctuations dans l'intensité des maxima, ne peuvent pas s'expliquer par la simple configuration des planètes, sans admettre que le magnétisme du Soleil éprouve des changements séculaires analogues à ceux qu'on observe sur la terre.

Les variations diurnes de la déclinaison magnétique sont également discutées par M. Loomis, qui a pris surtout pour base les observations faites à Prague, lesquelles ont servi également à M. Wolf. Cette étude l'a conduit à reconnaître qu'une variation diurne de la déclinaison magnétique à Prague, qui ne s'élève pas au-dessus de six minutes, est indépendante des changements s'opérant d'année en année dans la surface du Soleil, mais que toute variation qui dé-

passe six minutes est exactement proportionnelle au nombre et à l'étendue des taches solaires, et peut être par conséquent attribuée à cette perturbation dans l'état de la surface de Soleil, ou bien que les deux perturbations tiennent à la même cause.

Venons-en à la partie la plus importante et la plus étendue du travail de M. Loomis, le retour périodique des grandes manifestations aurorales. Pour s'assurer si ces manifestations présentent un véritable caractère de périodicité, il est absolument nécessaire de ne pas combiner ensemble les observations faites à des stations situées à des latitudes très-différentes, en particulier celles faites dans les régions polaires avec celles faites aux stations d'une latitude moins élevée. Une longue série d'observations bien faites à une station unique, ou à un nombre limité de stations, pourrait seule donner des résultats très-satisfaisants. Si cette longue série ne peut pas être obtenue, on peut, en combinant avec soin les observations faites à différentes stations, parvenir à éliminer certaines anomalies, en particulier celles qui proviennent d'un ciel couvert qui cache la lumière aurorale. C'est en combinant les observations faites en Amérique (Newhaven, Cambrige, etc.), avec celles faites en Europe, que M. Loomis trouve une ressemblance incontestable entre la courbe qui représente le nombre des apparitions aurorales dans une année, et les courbes correspondantes de la déclinaison magnétique et des taches solaires. Cependant, la série des maxima et minima des apparitions aurorales est sensiblement plus considérable que celle des taches solaires, et les observations de déclinaison magnétique indiquent la même particularité. Mais il n'y a pas de doute que les manifestations aurorales obéissent à la période des dix années qui caractérise l'apparition des taches solaires; seulement la série des changements d'une année à l'autre est soumise à des influences qui pourraient être indépendantes du Soleil.

Cette périodicité ne paraît pas exister pour les aurores boréales dans les hautes latitudes. C'est ce que démontre M.

Loomis, en comparant les observations faites dans différentes années, par plusieurs voyageurs, dans diverses stations très-septentrionales. Ainsi en 1820, à 53° 56′, et à 64° 28′ de latitude, on observa également 142 aurores; en 1833 à 62° 46′ on en observa 105, et à ces deux époques la perturbation de l'état de la surface solaire était à son minimum; tandis qu'en 1848-49, où cette perturbation était à son maximum, on observa à 66° 54′, 122 aurores; en 1838-39, où la perturbation dépassait la moyenne des maxima, on observa à 69° 58′, 143 aurores, et en 1850-51 où la perturbation solaire dépassait aussi la moyenne des maxima, à 58° 43′ on observa 109 aurores; en 1851-53, on en observa 131 à 71° 21′. Toutes ces stations sont situées dans la zone de la plus grande fréquence des aurores.

De ce nombre encore restreint d'observations, on peut donc déduire que dans la zone de la plus grande fréquence les aurores, le nombre des apparitions aurorales est à peu près le même toutes les années et est indépendant de l'état de la surface solaire. Il est donc à présumer que la périodicité n'existe que dans l'éclat plus ou moins grand du phénomène, mais on ne peut encore se prononcer d'une manière définitive à cet égard. Par contre, dans les localités où le nombre moyen annuel des apparitions aurorales ne dépasse pas 20 ou 25, l'on retrouve la période des dix années des taches solaires; cette périodicité est surtout marquée en Europe près du parallèle de 50° et en Amérique dans le voisinage du parallèle de 42°. Ainsi, à mesure qu'on s'éloigne de la zone de la plus grande fréquence des aurores, l'influence du Soleil sur le changement périodique dans le nombre des aurores se fait sentir davantage. Il faut encore remarquer, en premier lieu, que les maxima successifs des manifestations aurorales sont plus variables que ceux des apparitions des taches solaires, de sorte que la période de dix années peut quelquefois n'être pas bien marquée, ce qui pourrait faire croire que les véritables maxima n'ont lieu que tous les 60 ans; en second lieu, que les irrégularités les plus prononcées

cées dans la courbe aurorale entre un maximum et un minimum correspondent à des irrégularités semblables, quoique légères, dans les courbes des taches solaires et des déclinaisons magnétiques.

Nous ne nous arrêtons pas à la partie du travail de M. Loomis dans laquelle il discute de plus près, en les rapprochant et les comparant, les observations relatives aux grandes perturbations magnétiques, aux apparitions aurorales et à la présence des taches solaires. Les trois courbes qui résultent de cet examen approfondi sont presque semblables pour les latitudes moyennes de l'Amérique, qui sont celles sur lesquelles porte le travail.

Observations du rédacteur. — Les conclusions auxquelles l'étude attentive des observations a conduit M. Loomis, en ce qui concerne l'influence de la latitude du lieu où se fait l'observation quant à la loi de périodicité pour les Aurores boréales, sont identiques avec celles que j'avais tirées moi-même des résultats un peu contradictoires auxquels étaient arrivés les savants et les voyageurs qui s'étaient occupés du sujet. Voici, en effet, comment je m'exprimais dans le numéro des *Archives des Sciences physiques* de mai 1869 (tome XXXV, p. 17).

« Quoi qu'il en soit, il me paraît bien effectivement établi que dans nos basses latitudes l'apparition des aurores boréales est soumise à une loi de périodicité. Mais comme il faut qu'elles aient une certaine intensité pour être visibles au delà des régions polaires, on peut dire que c'est seulement leur intensité qui est soumise à cette périodicité. Elles constitueraient donc un phénomène constant dû au rétablissement continu de l'équilibre électrique entre la terre et l'atmosphère s'opérant dans le voisinage des pôles ; mais l'intensité du phénomène, ou ce qui revient au même, l'intensité de l'électricité atmosphérique qui le produit, serait soumise à des variations régulières et périodiques, ce qui prouverait que l'origine de cette électricité doit être cherchée en dehors de notre globe, dans le soleil probable-

ment. Cette manière d'envisager le phénomène de la périodicité, qui est parfaitement d'accord avec les faits, montre que cette périodicité n'est nullement en opposition avec l'explication électro-magnétique du phénomène des aurores polaires; explication indépendante de la cause de l'électricité atmosphérique, mais qui repose uniquement sur l'existence incontestable de cette électricité. » A. D. L. R.

G. GORE. DE L'ACTION THERMO-ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ET DES LIQUIDES. (*Proceedings of the Royal Society*, 23 février 1871.)

L'auteur s'est occupé de déterminer au moyen d'un galvanomètre l'intensité du courant qu'on obtient en plongeant dans un même liquide deux plaques de métal de même nature servant d'électrodes, l'une chauffée, l'autre à la température ambiante. Les nombreuses expériences qui ont été faites, soit avec des plaques de platine, soit avec des plaques de cuivre, avec un nombre très-considérable de liquides, ont conduit à des résultats que nous nous bornerons à résumer. Le nombre des liquides dans lesquels une plaque de cuivre chauffée s'est trouvée positive par rapport à la froide, a été de 30, tandis qu'il n'y en a que 20 dans lesquels elle a été négative; nous n'en ferons pas l'énumération qui serait très-longue, d'autant plus qu'on n'y découvre aucune loi générale Cependant nous rapporterons quelques détails qui ne sont pas sans intérêt. Dans certains cas le métal chauffé étant négatif dans une solution faible, devient positif dans la même solution concentrée. La nature de l'acide dans une solution saline paraît exercer sur la direction du courant une action prépondérante à celle qu'exerce la nature de la base. Dans tous les liquides plus ou moins alcalins le cuivre chauffé est toujours positif. La déviation du galvanomètre, soit l'intensité du courant, augmente dans une proportion plus rapide que le degré de concentration de la solution; cela se remarque surtout avec les solutions de sulfate de magnésie, de

chlorure de sodium et d'acide hydrochlorique. Le cuivre chauffé est fortement négatif dans les acides sulfurique, nitrique, chlorique, hydrobromique, hydrofluosilicique, quoique l'action chimique sur le métal soit très-forte, ce qui est aussi le cas avec le platine. Il est probable que lorsque le cuivre est positif le développement de l'électricité est dû à l'action chimique seule, tandis que dans les autres cas la chaleur agit aussi directement. Ajoutons que la déviation du galvanomètre n'est pas toujours proportionnelle à l'intensité de l'action chimique.

L'auteur estime que les courants produits par des différences de température entre les électrodes proviennent, soit de l'influence directe de la chaleur dont l'effet est de rendre le cuivre chauffé, négatif dans les liquides acides, et positif dans les alcalins, soit de l'action chimique qui dans quelques cas est plus puissante que l'action de la chaleur et change le sens du courant, soit enfin des deux actions combinées.

Il est probable que les courants qu'on obtient avec des plaques de cuivre sont influencés, sinon dans leur direction, du moins dans leur intensité, par l'action oxydante de l'air agissant sur les points de contact du métal et du liquide. L'auteur a, en effet, montré directement par l'expérience que cette action est très-énergique et qu'elle est toute chimique. Nous ne décrirons pas les procédés qu'il a employés pour le prouver; ils consistent naturellement à multiplier en découpant convenablement une plaque de cuivre, les points de contact qui existent entre les bords de la plaque plongée dans le liquide et l'air ambiant.

En plongeant les lames de cuivre dans des liquides de même nature, mais amenés à des degrés de concentration différents, on voit que dans cinq cas sur six, c'est la lame plongée dans le liquide le plus concentré qui est positive par rapport à celle plongée dans le liquide le plus faible; en outre les résultats obtenus dans ce genre d'expérience montrent qu'il n'existe aucun rapport entre l'influence de la chaleur et celle du degré plus ou moins grand de concentration du

liquide. Ainsi donc le nombre plus ou moins considérable de particules liquides en contact avec la plaque métallique est sans influence, ce qui montre que l'effet de la chaleur ne tient pas à l'écartement des particules de la couche liquide en contact avec la plaque chauffée. L'effet du frottement de l'électrode métallique contre le liquide dans lequel elle plonge n'a non plus aucune analogie avec celui de la chaleur; car en imprimant à cette électrode un mouvement rapide dans le conducteur liquide, on obtient bien des résultats différents dans l'intensité et le sens du courant de ceux que donnent la même électrode métallique en repos; mais ces résultats ne sont point d'un autre côté semblables à ceux que produit l'élévation de la température.

D'autres essais tentés par l'auteur lui ont démontré que les propriétés thermo-électriques des liquides ne dépendent nullement de leurs propriétés magnéto-optiques ou autres. Il conclut de toutes ses expériences que les courants que produit l'influence directe d'une inégalité de température entre deux électrodes de platine ou de cuivre, plongés dans des liquides conducteurs qui n'exercent aucune action chimique sur ces métaux, ne peuvent avoir leur origine que dans les changements temporaires de cohésion qui ont lieu dans les couches de métal et de liquide en contact immédiat; ce qu'on peut considérer comme une preuve très-délicate de la nature et de l'intensité des mouvements moléculaires temporaires produits par ces différentes causes[1].

W. DE BEZOLD. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ELEKTRISCHE ENTLADUNG. RECHERCHES SUR LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE. (*Pogg. Ann.* tome CXL, page 541.)

L'auteur avait fait, on s'en souvient, une étude approfondie des figures que l'on peut obtenir à l'aide de poussières fines

[1] Nous ne sommes pas éloignés de croire que les divers phénomènes observés par M. Gore proviennent tous d'actions chimiques plus ou moins modifiées par la température et par les autres causes dont l'auteur a étudié les effets. (*Réd.*)

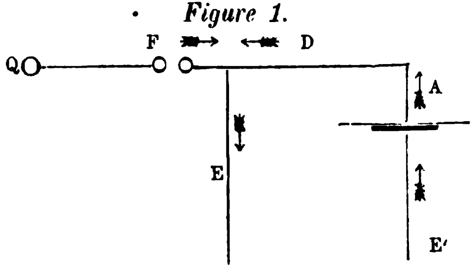
sur des conducteurs métalliques ou des surfaces isolantes entre lesquelles jaillit l'étincelle électrique[1]; nous avons vu que cette étude l'avait amené à reconnaître dans ces figures électriques, appelées aussi *figures de Lichtenberg*, un critère précieux, donnant des indications infaillibles sur le sens et la nature de la décharge qui les produit. Dans le travail dont nous rendons compte ici, l'auteur applique ce procédé avec succès à l'examen du jeu spécial de l'électricité dans un certain nombre de cas non encore étudiés.

Dans les expériences suivantes les figures électriques étaient produites sur un *carreau d'épreuve* (*Probeplatte*) consistant en une plaque de verre horizontale portant sur sa face inférieure une armature en papier d'étain et nue à sa face supérieure, de plus surmontée d'une pointe métallique verticale qui est maintenue à une très-faible distance au-dessus d'elle, ou qui peut même être amenée en contact avec sa surface supérieure. Lorsque cette pointe est reliée à l'un des pôles d'une machine électrique ou d'une bobine d'induction, tandis que l'armature communique avec l'autre pôle ou avec le sol, la quantité d'électricité accumulée par influence sur la face nue de la plaque de verre ne tarde pas à se combiner avec celle qui tend à s'écouler par l'extrémité de la pointe, il se produit ainsi une ou plusieurs décharges qui, suivant leur nature déterminent des figures électriques de formes très-diverses.

Nous allons donner un rapide exposé des différentes expériences que M. de Bezold a éxécutées avec ce procédé et des conclusions qu'il a cru pouvoir en tirer.

I[re] *expérience.* Un micromètre à boules F (fig. 1) communi-

Figure 1.



[1] *Archives*, 1870, tome XXXIX, page 372.

que d'une part avec le pôle positif Q d'une machine électrique, d'autre part avec un conducteur métallique qui se subdivise à peu de distance de lui en deux autres, dont l'un E va directement à la terre, et dont l'autre D aboutit à la pointe d'un carreau d'épreuve qui a son armature reliée à la terre. Avec cette disposition l'on devait s'attendre à ce que la décharge passerait uniquement ou presque uniquement par le fil E qui présente le trajet le plus court; il n'en fut rien cependant, et au lieu qu'il ne se produisît aucune figure sur le carreau ou qu'il s'y produisît une faible figure positive, l'on vit se former une figure négative qui montrait que non-seulement la décharge s'était accomplie entièrement par E, mais même qu'elle avait provoqué dans le fil D une décharge de sens inverse, une sorte d'aspiration d'électricité en D. Cette expérience lui ayant laissé des doutes, l'auteur la répéta en remplaçant la machine électrique par une bobine de Ruhmkorff[1]; les résultats obtenus varièrent avec la longueur de l'étincelle en F. Tant que l'intervalle entre les deux boules fut petit, la décharge en D A E′ fut de même sens qu'en E, mais à mesure que cet intervalle augmentait, les dimensions de la figure électrique produite sur le carreau d'épreuve diminuaient. C'est ainsi que, dans le cas où c'était le pôle négatif du Ruhmkorff qui était relié au micromètre, l'on a obtenu d'abord avec une longueur d'étincelle égale à 1^{mm} des figures négatives de 15^{mm} de diamètre environ, puis avec un écartement de 10^{mm} des figures négatives beaucoup plus petites, présentant seulement un diamètre de 2^{mm}. Lorsque cet écartement fut encore augmenté, il ne se produisit plus aucune figure, enfin elles reparurent lorsque l'étincelle en F avait 15^{mm} ou plus, mais cette fois-ce n'étaient plus des figures négatives, mais des figures franchement positives.

Lorsque on met l'appareil à boules en communication avec le pôle positif du Ruhmkorff, l'on obtient d'abord des figures positives lesquelles deviennent de plus en plus petites et finissent par céder la place à des figures négatives.

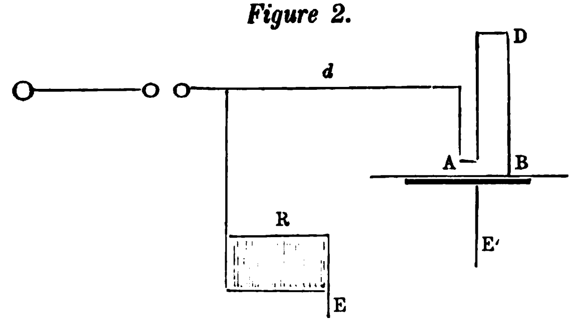
On le voit, suivant la longueur de la colonne d'air F qu'elle

[1] L'un des pôles de cette bobine était en communication avec l'appareil à boules, l'autre avec la terre.

avait eu à traverser préalablement, la décharge se partageait entre les deux circuits E et D E′, ou bien passait uniquement par le premier, tandis qu'il se produisait dans le second un courant de sens inverse à celui qui le parcourait précédemment.

IIme expérience. La disposition (fig. 2) est à peu près la même

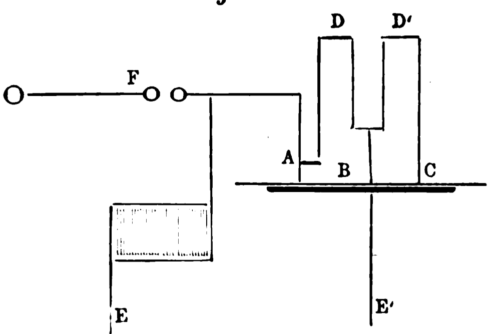
Figure 2.



que ci-dessus, sauf que immédiatement au-dessus du point où le fil conducteur aboutit au carreau d'épreuve, il part un second fil lequel formant un circuit dérivé, D se termine en B sur la plaque de verre. Pour obtenir une décharge alternante avec laquelle l'on obtient des résultats plus constants, on avait introduit en R dans le circuit E, la spirale inductrice d'une bobine du Ruhmkorff. On tournait lentement la machine électrique jusqu'à ce qu'il se produisît une étincelle, immédiatement il se formait en A et B des figures positives bien caractérisées; lorsque le circuit D était très-court, ces deux figures étaient de dimensions absolument égales, lorsque le circuit D devenait plus long, par exemple lorsqu'il avait atteint la longueur d'un mètre, la figure B devenait sensiblement plus grande que la figure A. Pour D=6m,4 F=4,0mm la figure A était réduite à une petite étoile ou disparaissait même complétement. D continuant à devenir de plus en plus long, le résultat est le même jusqu'à une longueur de 12 mètres environ. A partir de là la figure A commence à augmenter de nouveau jusqu'à redevenir égale à l'autre. L'auteur. conclut de cette observation que la loi de Ohm pour la distribution d'un courant entre deux conducteurs différents ne s'applique pas à la décharge électrique.

IIIme *expérience.* Pour examiner le détail de ce qui se

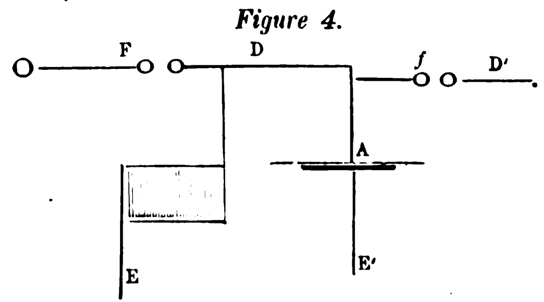
Figure 3.



passe dans le circuit D, l'auteur l'a divisé et en a fait partir un second circuit D' (fig. 3) aboutissant en C sur le carreau d'épreuve. Les longueurs de ces fils étant choisies de manière à ce que la fig. A soit petite et la fig. C au contraire grande, la fig. B aura des dimensions intermédiaires entre celle des deux autres. Le circuit dérivé étant plus long, il arrive pour un rapport convenable entre D et D' que la fig. B diminue de plus en plus, tandis que A et C deviennent égales. Lorsqu'on soulève l'un ou l'autre des fils qui aboutissent à la plaque de verre, les figures produites aux points de contact des deux autres ne sont absolument pas modifiées; le seul fait que l'aiguille du carreau d'épreuve communique avec un tronçon de circuit sans issue suffit donc pour modifier complétement la figure qui se produit sous cette aiguille et même la faire disparaître complétement.

IVme *expérience.* Ce fait ressort encore plus clairement

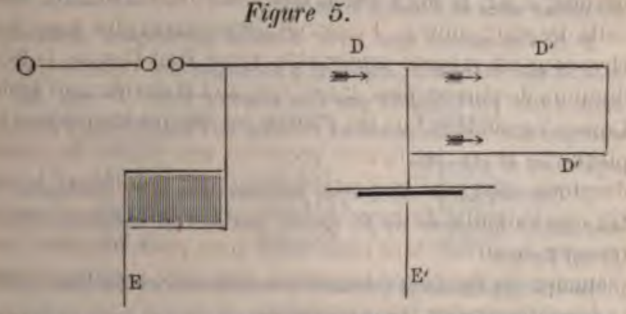
Figure 4.



dans l'expérience suivante dont la disposition est indiquée par la figure 4 : un fil conducteur D' se détache de B immédiatement au-dessus de l'aiguille et est isolé à son extrémité. Quelque part sur le trajet de ce fil, on a disposé un micromètre à boules *f*; celui-ci étant d'abord à une grande distance de l'aiguille, puis rapproché peu à peu, il viendra un moment où l'étincelle jaillira en *f*, à l'instant même la figure en A est modifiée jusqu'à disparaître entièrement. L'auteur en conclut qu'il se produit ici un phénomène tout à fait analogue à une réflexion, l'électricité a pénétré jusqu'à l'extrémité du fil D' et est revenue sur ses pas. M. de Bezold admet que la rencontre des ondes électriques directes avec les ondes réfléchies doit produire des interférences et il compare les points qui donnent dans cette expérience des maxima ou minima de figures électriques à des ventres ou nœuds de vibrations.

Vme *expérience*. A côté de D se trouve un circuit dérivé D'

Figure 5.



(fig. 5); avec une longueur bien choisie de D', la fig. A disparaît complétement. Un micromètre à boules introduit dans ce circuit dérivé n'est traversé par aucune étincelle lorsqu'il est placé presque exactement au milieu du fil D', tandis qu'il en donne une dans toute autre position. L'auteur voit là la preuve de ce fait que la décharge pénètre également et simultanément par les deux extrémités de la boucle D' ; au point milieu de la boucle les deux décharges partielles arrivent simultanément et il n'y a point d'étincelle ; partout ailleurs il y a retard de l'une de ces deux décharges partielles sur l'autre qui alors agit seule. Cette expérience peut se faire plus sim-

plement en prenant comme source d'électricité une machine de Ruhmkorff dont l'un des pôles communique avec la terre, l'autre avec l'une des boules du micromètre en faisant aboutir les deux extrémités de la boucle à l'autre boule. Le résultat était le même quand les deux portions de la boucle étaient formées de fils de substances différentes, d'où l'on peut conclure que la vitesse de propagation de la décharge électrique est la même pour tous les fils conducteurs.

Les conclusions que l'auteur croit pouvoir tirer de ce travail sont donc les suivantes :

1° *Lorsque après une interruption, qu'elle franchit sous forme d'étincelle, l'on offre deux chemins différents à la décharge électrique pour s'écouler dans la terre, l'un court et direct, l'autre plus long, interrompu par un carreau d'épreuve, l'on observe avec de petites longueurs d'étincelles un partage du courant. Avec de longues étincelles, en revanche, l'électricité ne suit que la branche plus courte et entraîne même l'électricité de même nom de l'autre branche.*

2° *Si l'on envoie une série d'ondes électriques dans un fil isolé à son extrémité, celles-ci y subissent une réflexion, et certains faits particuliers que l'on observe dans le cas des décharges alternantes semblent résulter de l'interférence des ondes réfléchies et directes.*

3° *Une décharge électrique parcourt toujours également vite une même longueur de fil, quelle que soit la substance dont ce fil est formé.*

Si ces conclusions peuvent paraître encore un peu hardies sur certains points, les expériences ci-dessus n'en présentent pas moins un véritable intérêt. E. S.

G.-Johnstone STONEY. ON THE CAUSE.... SUR LA CAUSE DE LA DISCONTINUITÉ DU SPECTRE DES GAZ. (*Phylosophical Magazine*, avril 1871.)

L'analogie des phénomènes lumineux et acoustiques a fait naître chez plusieurs physiciens l'idée qu'il pourrait y avoir entre les diverses raies brillantes formant le spectre d'un gaz une relation semblable à celle des différents sons supérieurs

qui accompagnent en général le son fondamental rendu par la vibration d'un corps sonore. M. Stoney, après un exposé théorique de la question dans lequel il rappelle les beaux travaux de M. Helmholtz sur la perception des sons[1], indique une relation remarquable à cet égard entre trois des lignes du spectre de l'hydrogène, correspondant aux raies C, F et *h* de Fraunhofer. Les longueurs d'ondulation de ces lignes déterminées dans l'air par Angström, sont

pour *h* = 410,120 millioniémes de millimètre.
» F = 486,074 » »
» C = 656,210 » »

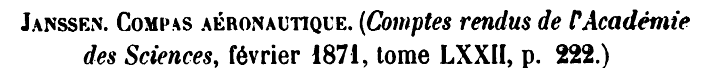
Corrigeant par le calcul ces valeurs pour les ramener aux longueurs d'ondulation dans le vide, l'auteur trouve qu'elles représentent avec une grande exactitude les 32me, 27me et 20me harmoniques d'une vibration fondamentale dont la longueur d'ondulation dans le vide serait de 0^{mm},13127714 ; c'est ce que montre le tableau suivant :

	Longueurs d'ondulation		
	observées et corrigées pour le vide.	calculées.	Différences.
h	410,237	410,241	+0,004
F	486,211	486,212	+0,001
C	656,393	656,386	—0,007

Les différences entre les résultats observés et calculés sont inférieures à la limite d'exactitude qu'Angström attribue à ses observations.

Les autres harmoniques de la même vibration fondamentale ne se manifestent pas dans le spectre ordinaire de l'hydrogène ou de 2me ordre ; on les trouverait peut-être dans les autres spectres de ce gaz et particulièrement dans celui du 1er ordre.

[1] Voyez *Archives*, 1863, tome XVII, p. 194.


JANSSEN. COMPAS AÉRONAUTIQUE. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, février 1871, tome LXXII, p. 222.)

Le compas aéronautique consiste en une boîte cylindrique de métal, de 10 à 12 centimètres de diamètre et de hauteur. Le fond inférieur du cylindre est en verre; deux bras s'élèvent de la partie supérieure de la boîte, et supportent, à 28 ou 30 centimètres du fond et dans l'axe du cylindre, une petite plaque percée d'un trou. Ce trou de quelques millimètres de diamètre, est un point de visée ou œilleton : l'œil s'y applique pendant les observations. Sur le fond de verre est tracée une série de circonférences, dont les rayons sont calculés pour être vus, du trou de visée, sous des angles croissant de 1, 2, 3,.... 10 degrés. La plus grande de ces circonférences est divisée de 10 en 10 degrés, et porte les diamètres 0°-180°, 90°-270°, 45°-225°, 135°-315°. Nous la nommerons la grande circonférence.

L'instrument est muni d'une suspension à la Cardan, afin d'assurer, pendant les observations, la verticalité de l'axe. Une aiguille aimantée est fixée sur le fond, un peu excentriquement, pour dégager la vue du centre; elle se meut au-dessus d'une circonférence également gravée sur le verre, et dont le diamètre 0°-180° est parallèle au diamètre semblable dans la grande circonférence.

Cet instrument peut donner en même temps la direction et la vitesse de l'aérostat.

Le compas étant tenu en dehors de la nacelle, au moyen de poignées fixées au cercle extérieur de la suspension, on l'oriente d'abord en amenant les pointes de l'aiguille aimantée sur la ligne de foi, 0°-180° de son cercle divisé.

Regardant alors le sol par l'œilleton, on attend qu'un objet ou une portion d'objet quelconque passe par le centre des cercles. En cet instant, on compte le temps, jusqu'au moment où l'objet remarqué traverse la grande circonférence, et l'on note en outre par quelle division de cette circonférence s'est effectué le passage. L'aiguille de la boussole

étant parallèle au diamètre de 0°-180° de la grande circonférence, la connaissance du point de cette circonférence où l'objet a passé donne immédiatement l'angle de la route avec le méridien magnétique; il reste à corriger cet angle de la déclinaison.

Si l'aérostat est animé d'un mouvement de rotation assez rapide, il devient nécessaire d'en tenir compte. L'axe du compas, au lieu de suivre une parallèle à la ligne décrite par le centre du ballon, engendre alors une courbe cycloïdale, et la direction qu'on obtient est celle de la tangente à la courbe, à l'instant où l'objet qui sert de point de repère passe par la grande circonférence du compas. Mais si l'on remarque que cette tangente fait des angles égaux et de signes contraires avec la véritable route, dans tous les couples de points séparés par une demi-rotation du ballon, on sera conduit à prendre la moyenne des directions obtenues en des points ainsi espacés.

Voyons maintenant la vitesse.

Le temps qui a été mesuré est celui qu'un point du sol a mis à parcourir, d'une manière apparente, un rayon de la grande circonférence du compas, ou en réalité le temps que l'aérostat a employé à parcourir la projection conique de ce rayon sur le sol. Cette projection est à la hauteur de l'aérostat au-dessus du sol dans le même rapport que le rayon de la grande circonférence est à la hauteur du compas. Or ce rayon étant de grandeur calculée pour être vu du trou de visée sous un angle de 10 degrés, le rapport en question est celui de la tangente d'un angle de 10 degrés au rayon, c'est-à-dire le rapport de 0,176 à 1. Par exemple, si le temps compté est de 18^s,4 et que la hauteur de l'aérostat soit de 2200 mètres, la vitesse cherchée sera égale au produit de 2200 mètres par 0,176 divisé par 18,4, ce qui donne 21 mètres par seconde, ou 76 kilomètres à l'heure. C'est sensiblement la vitesse moyenne du *Volta* [1].

[1] Ballon avec lequel l'auteur est sorti de Paris le 2 décembre 1870. (*Réd.*)

Ces calculs sont bien simples, mais l'aéronaute n'est même pas tenu de les exécuter. On pourra construire une petite table qui donnera immédiatement la vitesse à l'heure, au moyen du temps et de la hauteur.

Ainsi la direction et la vitesse de l'aérostat sont obtenues par la même observation, et dans un temps extrêmement court. Il est seulement nécessaire qu'on connaisse la hauteur du ballon au-dessus de terre; mais cette hauteur est donnée par le baromètre, et l'on peut encore employer ici une table préparée d'avance, au moment du voyage, avec les éléments météorologiques du jour. Au moment de mon départ par le *Volta*, j'avais calculé une table de ce genre et j'en avais inscrit les résultats sous la division de l'instrument, de sorte que l'aiguille indiquait en même temps la pression et la hauteur.

Du reste cette hauteur pourrait être obtenue très-simplement au moyen d'un pétard qu'on laisserait tomber sur le sol et qui s'enflammerait par le choc. On compterait alors le temps depuis l'apparition du feu jusqu'à l'audition de l'explosion.

Je compte revenir sur l'emploi des appareils pouvant produire du bruit ou des feux intenses, soit pour mesurer la vitesse et la direction quand l'obscurité ou des brumes cachent la vue du sol et peuvent être cependant percées par une forte lumière, soit encore pour s'assurer si l'on est au-dessus de la mer ou si l'on en approche.

Le compas aéronautique peut encore donner la direction de l'aérostat d'une autre manière.

Les branches qui supportent le trou de visée sont munies de pinnules qui permettent de déterminer l'azimut d'un objet éloigné, visé à travers ces pinnules, avec le méridien magnétique. On choisira donc un objet éloigné *au-dessus duquel le ballon aura passé*, et, en le visant à travers les pinnules en question, on obtiendra l'angle de route avec la direction de l'aiguille aimantée, et par suite avec le méridien du lieu.

Toutes ces déterminations n'éxigent pas que la nacelle soit dans un repos apparent absolu; elles deviendraient néanmoins difficiles avec des mouvements un peu forts, mais ceux-ci sont toujours faciles à éviter ou à éteindre. Il faut que la charge de la nacelle soit également répartie autour de l'axe vertical du ballon, il faut que les aéronautes s'abstiennent de mouvements brusques et restent autant que possible à leur place. A bord du *Volta*, j'ai pu presque toujours me servir d'une boussole carrée, dont j'orientais un des côtés sur la ligne tracée sur le sol par une des pointes de notre ancre, ce qui me donnait l'angle de route avec le méridien magnétique. J'ai pu même employer, avec la plus grande facilité, une lunette assez forte, pour l'exploration de la contrée. Il est donc hors de doute que le compas aéronautique pourra être utilisé dans l'immense majorité des cas.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

H. EHRENBERG. **RÉSUMÉ SOMMAIRE DE RECHERCHES SUIVIES DEPUIS 1847 SUR LES GERMES ORGANIQUES, INVISIBLES A L'ŒIL NU, SUSPENDUS DANS L'ATMOSPHÈRE.** (*Comptes rendus mensuels de l'Académie des sciences de Berlin*, janvier 1871. Traduction.)

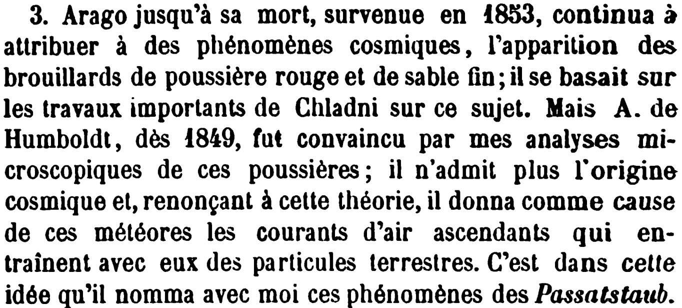
1. Depuis 1847 je n'ai perdu aucune occasion d'étudier, à l'aide de l'analyse du microscope, les phénomènes météorologiques tels que le *Passatstaub* et la *Pluie de sang*......

2. En 1847, on avait observé 340 phénomènes du genre de ceux qui nous occupent.

Aujourd'hui nous en apportons 186 étudiés depuis cette époque, ce qui porte le total des observations à 526. Elles ne sont pas toutes, il va sans dire, de même valeur.

Dans ce nombre il y en a 200 qui portent sur de simples météores de poussière rouge *(rothe Staubmeteore)*. J'ai analysé la substance de 27 spécimens de ces poussières. Depuis j'en ai encore étudié 42, mais ces échantillons sont détruits actuellement.





3. Arago jusqu'à sa mort, survenue en 1853, continua à attribuer à des phénomènes cosmiques, l'apparition des brouillards de poussière rouge et de sable fin; il se basait sur les travaux importants de Chladni sur ce sujet. Mais A. de Humboldt, dès 1849, fut convaincu par mes analyses microscopiques de ces poussières; il n'admit plus l'origine cosmique et, renonçant à cette théorie, il donna comme cause de ces météores les courants d'air ascendants qui entraînent avec eux des particules terrestres. C'est dans cette idée qu'il nomma avec moi ces phénomènes des *Passatstaub*.

4. Les 42 analyses que j'ai faites avec ces échantillons de brouillards de poussière, que l'on a appelés pluie de sang et neige rouge, la plupart fraîchement tombés, portent dans les tableaux d'analyse l'indication de *300 formes organiques distinctes* quoique plus ou moins semblables aux formes de même nature déjà connues.

5. L'ensemble des tableaux de mes analyses démontre que la totalité de ces formes organiques se retrouvent non-seulement dans mes 42 spécimens nouveaux, mais également dans les 27 que j'ai étudiés précédemment et qui ont été publiés dès 1847 avec leurs caractères essentiels.

Ils sont composés en majeure partie de *Bacillariens* et de *Phytolithariens* de *Terre de brique*, mélangés d'autres substances organiques calcaires et carbonifères.

6. Les 42 analyses les plus récentes des Passatstaub rouges, de différentes espèces, démontrent comme les 27 précédentes de 1847, que le mélange dont ces poussières se composent est partout le même, non-seulement comme substances chimiques constituantes, mais encore sous le rapport de l'analogie des espèces et de leur forme; cette analogie est si frappante qu'il est impossible de ne pas y voir la preuve certaine d'une communauté d'origine.

7. Pour chaque cas on vérifie cette harmonie dans deux éléments importants qui se trouvent constamment semblables. D'un côté on constate que toujours les mêmes formes d'êtres organisés, y compris les Polygaster pourvus de parties externes molles, appartiennent aux espèces d'eau douce, et que beaucoup de Plytolithariens et de Spongolithes parta-

gent cette condition de vie. D'un autre côté on observe que des centaines d'espèces, constamment les mêmes, l'emportent quant au nombre de leurs représentants.

8. Le fait particulièrement frappant à signaler est que certaines espèces de Bacillariens, très-abondantes à la surface du sol de toutes les parties du monde, ne se trouvent jamais, ou presque jamais dans le Passatstaub, tandis qu'au contraire on y découvre des espèces fort rares dans la couche supérieure du sol de tous les pays.

9. Il importe de faire remarquer encore que ce n'est pas la masse totale qui est composée d'éléments organiques, mais que, d'après les toutes récentes analyses, ceux-ci ne s'y trouvent que dans la proportion de $\frac{1}{12}$ et à $\frac{1}{8}$, par rapport au volume de fine poussière de terre de brique dans laquelle on trouve quelquefois des grains de sable à facettes.

10. Il est évident que les déserts arides et secs du Sahara ne peuvent être le point de départ de ces germes organisés aquatiques, car les brouillards de sable ont apparu dans toutes les saisons de l'année, dans les mêmes conditions.

11. Dans mon ouvrage, publié en 1868, sur les terres rouges de Guinée, j'ai démontré que la couche supérieure du Sahara ne pouvait en aucune manière être propre à la formation de ces poussières rouges, pas plus que le continent africain tel qu'on le connaît à l'époque actuelle.

12. Les navigateurs ont pu constater, près du Cap-Vert, l'épaisseur de ces brouillards de poussière rouge, ainsi que leur grande étendue.

En 1863, une observation importante fut faite par les vaisseaux mouillés dans le port au pied du pic de Ténériffe. Une heureuse chance permit de reconnaître simultanément la présence du phénomène au niveau de la mer et au sommet du pic, où, il est vrai, il ne put être constaté que par la couleur de la neige. L'épaisseur du brouillard rouge atteignait ainsi un minimum de 11400 pieds.

La masse de neige rouge tombée dans les hautes Alpes de la Suisse a été estimée dernièrement à 30000 quintaux en un jour, et à 350 quintaux par mille carré anglais pour la chute qui se produisit simultanément le 29 mars 1869 aux

Dardanelles et en Sicile. La distance énorme qui sépare les îles de l'Archipel de la Sicile où le phénomène a été constaté le même jour, dépasse de beaucoup ce qu'on avait présumé jusqu'ici de son étendue possible; cette observation a été faite dans d'autres localités et a donné des chiffres analogues sur la densité de ce brouillard.

13. Les analyses faites en dernier lieu de la neige rouge tombée aux Dardanelles, sont propres à expliquer les récits d'Homère sur des pluies de sang à Troie, en Grèce et à Constantinople. L'analyse d'une poussière tombée à Ispahan révélera peut-être ce qu'est la terre étrange qui, d'après Abdellatif, fertilise les déserts de l'Iran et de l'Afganistan.

Les amoncellements considérables de poussière rouge du désert du Béludchistan jusqu'à Kaschgar, attendent encore la visite de voyageurs aimant la science, pour pouvoir être analysés.

14. Les recherches faites pendant les années 1848 et 1849, durant la terrible épidémie du choléra à Berlin, nous ont permis d'avancer nos connaissances sur ce sujet, en comparant simultanément les poussières qui sont ordinairement en suspension dans l'air, tant en Allemagne qu'en Égypte et dans le Venezuela. On a trouvé que cette poussière volante, en se déposant sur les troncs élevés des arbres, y développait une véritable faune, qui se traduisait par d'épaisses couches de mousse et d'autres parasites qu'on peut également observer sur les cèdres du Liban.

15. Nous avons vu qu'en 1863 le Pic de Ténériffe fut couvert et enveloppé d'une nuée, sous forme de brouillard rouge qui s'élevait à une hauteur de plus de 11400 pieds: on a remarqué, en 1858, un phénomène analogue sur les glaciers des Alpes et dans l'Himalaya, haut de 20000 pieds. L'atmosphère, chargée de germes invisibles, les laissa choir à cette élévation, de telle sorte qu'ils couvrirent le sol.

16. Les savants les plus compétents ont cru pouvoir attribuer à une même origine les rouges Passatstauben et les différents autres météores, comme les étoiles filantes.

L'histoire constate un grand nombre de cas où les pluies de sang étaient mêlées de météores de feu et de chute d'aé-

rolithes : il est donc important de distinguer si cette coïncidence est fortuite ou si réellement il y a une cause commune.

Les météores, les aérolithes se forment-ils dans la zone du Passatstaub, ou bien sont-ils des productions de zones plus élevées ? Dans ces derniers temps, on n'a pu observer aucun cas de ce genre qui pût être soumis à l'analyse scientifique, et, jusqu'à aujourd'hui, nous en sommes réduits aux deux seuls cas constatés, l'un en 1813, où un effroyable ouragan fut accompagné de pluie de sang et de pierres, et l'autre à Lucerne en 1421, où il tomba, dit-on, des Drachensteine (pierre du dragon) avec accompagnement de météores de feu ayant la couleur du sang.

J'aurais pu analyser la composition des pierres rouges recueillies en 1813, dans le premier cas cité, si malheureusement le seul échantillon, appartenant à M. l'ambassadeur Pourtalès, ne se fût perdu. Quant au météore de Lucerne, on n'a rien conservé de la masse rouge ressemblant à du sang, lors même qu'en 1849 j'ai vu et étudié une pierre aérolithe de cette époque, qui se trouve être la propriété de la famille Mayer-Schauensee de Lucerne.

17. Si les cas précités ne nous permettent pas de porter un jugement décisif quant à l'origine cosmique des météores sous forme de poussière volante, ils ne manquent pas cependant d'un grand intérêt, et attirent l'attention toute spéciale sur le travail que M. le professeur Gall vient de faire paraître dernièrement. Ce savant a réuni, dans une exposition historique, l'ensemble des apparitions d'étoiles filantes que l'on a observées, en y ajoutant une longue liste de météores qui semblaient d'origine cosmique, mais qui renfermaient une grande quantité d'éléments carbonifères.

Nous remarquerons de nouveau que la présence de ces éléments de charbon dans des météores qui paraissent tenir à une cause cosmique, exige des études toujours plus sérieuses et une méthode d'analyse aussi exacte que possible, ainsi que nous l'avons recommandé précédemment.

18. Si nous détachons nos regards du côté purement spéculatif du livre d'Arago, malgré son affirmation sur l'ori-

gine cosmique des brouillards de poussière et de ce qui concerne ce sujet, nous voyons plus distinctement encore apparaître la relation intime qui existe entre les Passatstauben et la présence de germes vivants dans l'air, fait mis en lumière dès 1847.

Ces organismes invisibles ont été reconnus pour des êtres complets, pouvant se conserver et se reproduire.

Dans ces 30 dernières années on a beaucoup avancé l'étude de ce champ nouveau de phénomènes de la vie, tant par les travaux géologiques de la terre en général, que par les découvertes faites dans les monts Bacillariens au Mexique et en Californie.

Aujourd'hui l'on possède la connaissance d'à peu près 548 espèces de formes organisées, entièrement invisibles à l'œil nu, dont 192 de la famille Polygaster; suspendus dans l'atmosphère, ils restent dans une sorte de léthargie dont l'humidité les réveille, ils font alors de rapides progrès en se développant.

Nous rappellerons les formes organisées décrites précédemment, telles que les germes que l'on trouve sur les toits, les tours, dans les mousses des arbres, sur les troncs élevés et jusque sur les sommités des Alpes; il est quelquefois facile d'activer leur développement artificiellement.

Ces faits réunis prouvent une fois de plus, que la vie dans l'atmosphère ne provient nullement d'une génération spontanée......

BOTANIQUE.

CARUEL. STATISTICA BOTANICA ..... STATISTIQUE BOTANIQUE DE LA TOSCANE. Florence 1871, 1 vol. in-8°.

Tandis que M. Parlatore continue sa Flore détaillée de l'Italie, dont il a déjà paru quatre volumes [1], M. Caruel, qui a

[1] *Flora italiana*, in-8°. Les trois premiers volumes renferment les Monocotylédones, le quatrième une partie des Dicotylédones. La plupart des descriptions ont été faites sur le frais, et les types des localités qui sont citées en grand nombre se trouvent dans l'herbier du musée de Florence dirigé par l'auteur.

concentré ses efforts sur le champ plus limité de la Toscane et en a publié une flore abrégée [1], vient d'exposer, dans un ouvrage spécial, ce qui concerne la géographie botanique de cette partie centrale de la péninsule.

L'idée du livre est à peu près celle que M. Watson a poursuivie dans la *Cybele britannica* [2], imitée en Irlande [3]. La forme est souvent la même, seulement M. Caruel a pris pour titre un mot connu qui indique parfaitement ce que renferme l'ouvrage.

Après une description géographique de la Toscane, et une indication des botanistes qui l'ont explorée, l'auteur compare sa flore à celles de l'Italie et de l'Europe. Il distingue ensuite cinq régions botaniques en Toscane, savoir : les maremmes et îles voisines, les plaines ordinaires, le pied des montagnes (regione submontana), le penchant moyen (régione montana) et la région alpestre. Il parle ensuite de la flore des collines dites *gabbri*, qui sont une production éruptive particulière, aux environs de Livourne. Il termine par un chapitre sur les changements survenus dans la flore du pays, depuis les temps historiques et dans ceux qui ont immédiatement précédé.

La distribution des espèces, dans une ou plusieurs régions, est indiquée par des tableaux. Les proportions numériques des espèces, genres et familles sont données selon les formes ordinaires. Nous n'insisterons pas sur ces points, ni sur les renseignements de topographie botanique, mais plutôt sur les faits qui touchent à des considérations plus générales de géographie botanique, comme la flore alpestre et celle des petites îles entre la Toscane et la Corse.

La flore alpestre est confinée sur quelques sommités de

[1] *Prodromo della Flora toscana*, un vol. in-8°. Firenze, 1860.

[2] *Cybele britannica*, 4 vol. in-8°. London, 1847-1869, suivie du *Compendium of the Cybele britannica*, 3 parties, in-8°. London, 1868-1869.

[3] D. Moore et Alex. Goodman More, *Contributions towards a Cybele hybernica*, 1 vol. in-8°. Dublin, 1866.

l'Apennin, dont la plus haute n'atteint pas 2100 mètres, et où, par conséquent, la neige ne persiste pas en été. Quelques plantes véritablement alpines se trouvent encore là, par exemple : les *Silene acaulis*, *Dryas octopetala*, *Androsace alpina* et *obtusifolia*, *Soldanella alpina*. La flore entière n'a que 298 espèces. Ce qu'il y a de plus curieux, c'est la disparition, depuis moins de deux siècles, de plusieurs espèces sur lesquelles les anciens botanistes n'avaient pas pu se tromper. Micheli, au commencement du siècle dernier, avait trouvé le *Phaca alpina* sur les montagnes voisines de Pistoia, et, plus tard encore, Vitman et Savi mentionnaient les *Papaver alpinum* et *Leontopodium alpinum* sur les mêmes montagnes, tandis que ces espèces n'existent plus sur aucune sommité de la Toscane. On entrevoit ainsi à quel point la végétation des Appennins pouvait être différente à l'époque de Pline, par exemple, de ce qu'elle est maintenant, et pourtant un laps de dix-huit siècles est peu de chose dans l'histoire moderne des phénomènes. C'est depuis plusieurs milliers d'années que les glaciers ont cessé de couvrir la haute Italie. Par combien de degrés n'a pas dû se modifier peu à peu la composition de la flore, pour que les espèces qui étaient alors au bord des glaciers dans la région inférieure, se soient cantonnées sur quelques sommités isolées où elles périssent de nos jours, et qu'une végétation jadis plus méridionale ait envahi toutes les plaines et même les versants de l'Appennin ! De ces changements si compliqués, il ne peut rester d'autres preuves positives que des fragments de végétaux enfouis dans quelque tuf, si par hasard il s'en est déposé, ou dans la vase du fond de quelque lac, ou encore dans la tourbe.

Déjà précédemment, il y a une trentaine d'années, on avait remarqué dans les prairies tourbeuses à côté du lac de Bientina, presque au niveau de la mer, une petite colonie ou plutôt un reste de sept espèces des régions septentrionales ou élevées de l'Europe, qui ont disparu depuis qu'on a desséché ce petit lac. Dans le nombre se trouvait le *Liparis Læselii*

et *l'Oxycoccos palustris*, qui manquent aux sommets de l'Appennin. La localité la plus rapprochée pour l'*Oxycoccos* est le Tyrol (Caruel, p. 351), du moins actuellement. Jadis, peut-être, même au commencement de notre ère, il existait encore plusieurs de ces débris de la flore antérieure sur les Appennins et dans les plaines du nord de l'Italie[1].

Un autre chapitre très-intéressant de l'ouvrage de M. Caruel, est celui sur la végétation des petites îles voisines de la côte de Toscane, Elbe, Giannutri, Giglio, Gorgona, Pianosa, Capraia et Montecristo. Malheureusement on ne connait suffisamment que deux de ces îles, Elbe et Montecristo, sous le rapport botanique. De la première, on a déjà 750 Phanérogames ou Fougères, et de la seconde, 343. Probablement des recherches plus complètes pourront élever ces chiffres à 1000 et à 350, environ. L'île de Pianosa a été si peu visitée par les botanistes, qu'on en connaît seulement seize espèces. La richesse de végétation de ces îles paraît dépendre de leur étendue, de la quantité d'espèces que l'homme a pu y introduire par l'effet du commerce et des cultures, et aussi de la présence ou de l'absence de stations particulières, comme les marais, les prairies humides ou les bois.

On n'y a pas encore trouvé (et le fait doit être certain pour les deux îles qui sont suffisamment connues) quelques espèces de la terre ferme adjacente, par exemple les *Evonymus europæus*, *Cotoneaster Pyracantha*, *Pastinaca sativa*, *Cornus sanguinea*, *Bellis annua*, *Leucanthenum vulgare*, *Ligustrum vulgare*, *Echium italicum*, *Solanum Dulcamara*, *Linaria Cymbalaria*, *Salvia pratensis*, *Origanum vulgare*, *Thymus Serpyllum*, *Teucrium Polium*, *Globularia vulgaris*, *Celtis australis*, etc.

M. Caruel n'ayant ajouté aucune réflexion sur ce fait qu'il

[1] L'expression de *colonies* pour ces groupes isolés me plaît peu, les espèces n'ayant pas été transportées. C'est l'opposé de colonies; c'est un phénomène analogue à celui de quelques peuplades indiennes du nord de l'Amérique, isolées au milieu des blancs, ou des Basques, cantonnés dans quelques vallées occidentales des Pyrénées.

a eu le mérite de constater, je me permettrai de rappeler les pages 707 et 708 de ma *Géographie botanique raisonnée*, où se trouvent des faits analogues et les conclusions que la science peut en déduire. Les bras de mer qui séparent la Grande-Bretagne de la France, et les îles d'Ischia et la Sicile de l'Italie ont empêché, jusqu'à présent, le transport de plusieurs espèces. Il n'est pas surprenant qu'il en soit de même entre la Toscane et les petites îles qui en sont voisines. C'est une nouvelle confirmation de la rareté des naturalisations au travers d'un court intervalle de mer, par les courants, le vent ou les oiseaux. Les auteurs anglais qui ont écrit sur cette question depuis ma *Géographie botanique*, par exemple sir Charles Lyell, le Dr Hooker et M. Darwin, ont admis beaucoup plus facilement que moi des transports par les oiseaux. Ils considèrent ce moyen comme celui par lequel, ordinairement, les îles se sont couvertes de végétaux. L'opposition n'est pas aussi grande qu'il semble au premier aperçu, car il se pourrait bien que certaines îles, surtout les plus éloignées des terres, aient été peuplées par l'effet des oiseaux, tandis que d'autres l'auraient été par d'anciens continents disparus ou par des communications terrestres qui auraient cessé d'exister. Depuis quinze ans je me suis efforcé d'obtenir des chasseurs, des voyageurs ou des naturalistes, la preuve de transports de graines par les oiseaux, en particulier au travers de la mer Méditerranée, ou de l'une des Antilles à une autre, ou de Madagascar à l'île Maurice, mais on ne m'a jamais communiqué que des résultats négatifs. Après ces trajets un peu considérables, les oiseaux observés ne contenaient pas de graines dans leur intérieur, ce qui ne prouve pas, il est vrai, que dans une série de plusieurs milliers d'années ces mêmes espèces d'oiseaux, ou d'autres, n'aient pas transporté quelquefois des graines. Toujours est-il que pour les îles de la mer Méditerranée, depuis la configuration actuelle de ce bassin, c'est-à-dire au moins depuis l'époque de la grande extension des glaciers en Europe, cette cause de transports n'a pas

produit un effet appréciable. Il y a des espèces propres à certaines îles, et il y a encore plus d'espèces des continents voisins qui ne sont pas dans telle ou telle des îles, quoique rien, en fait de climat ou de nature du sol, ne puisse expliquer ces faits. Quelques-unes des espèces italiennes qui manquent aux petites îles de la Toscane, ont des fruits charnus avec de petites graines dures, conditions qui sont regardées comme étant les plus favorables au transport par les oiseaux. Je citerai les *Ligustrum vulgare*, *Cotoneaster* ou *Pyrus Pyracantha*, *Celtis australis*, *Solanum Dulcamara*. D'après tout un ensemble de faits, on est obligé, au moins pour les îles de la Méditerranée, de considérer la flore actuelle comme venant surtout d'un ancien état de choses dans lequel certains bras de mer n'existaient pas, et certaines îles étaient contiguës entre elles ou avec les continents, les moyens de transport ayant ensuite joué un rôle très-insignifiant, excepté celui qui résulte de l'homme, par ses vaisseaux et ses cultures.

Quand on possédera une flore de Corse, ouvrage qui manque absolument, et quand M. Cosson aura publié le catalogue des plantes d'Algérie qu'il nous fait espérer, on pourra constater aisément la présence ou l'absence de chaque espèce phanérogame dans toutes les parties occidentales de la région méditerranéenne, entre l'Espagne et le relèvement du fond de la mer qui rattache la Sicile à l'Afrique et qui a pu, sans hypothèse bien hasardée, les unir une fois à ciel ouvert. Une comparaison attentive des flores jettera peut-être alors un grand jour sur les époques auxquelles se sont établies dans chaque île et sur chacun des continents telles ou telles catégories d'espèces ; ou bien elle montrera que la mer a fait irruption dans les plaines d'une grande région déjà peuplée des espèces actuelles, en réservant les sommités devenues insulaires. Dans ce dernier cas, les espèces qui manquent à certaines îles seraient quelquefois arrivées récemment sur les terres voisines. J'avais remarqué ce genre d'indice de nouveauté pour quelques plantes du continent qui ne sont

pas encore parvenues en Angleterre ni dans l'île d'Ischia. On peut faire la même réflexion sur les *Linaria Cymbalaria* et *Senebiera pinnatifida*, qui manquent aux îles toscanes et dont l'une s'est répandue davantage depuis deux siècles en Europe, et l'autre y est arrivée plus récemment d'Amérique, Les tableaux de M. Caruel indiquent un grand nombre d'espèces d'Italie qui n'ont pas encore été trouvées dans les petites îles en question. Il sera très-intéressant de les étudier au point de vue de leur origine probable en Europe, mais il serait mieux pour cela qu'on eût exploré les sept îles aussi complétement que deux d'entre elles. L'étude sera d'autant plus curieuse que certaines de ces espèces sont réputées essentiellement méditerranéennes et croissent volontiers sur les rocailles, localités communes dans les îles de Toscane.

M. Caruel (p. 249) fait observer que la flore de ces petites îles contient des espèces d'un transport difficile, comme l'*Arisarum vulgare*, le *Trifolium subterraneum*, l'*Aphodelus microcarpus*, etc., tandis que les Composées, dont les aigrettes semblent favorables aux transports par le vent, existent dans la même proportion que sur la terre ferme et pas davantage.

Ceci est exactement ce que j'avais constaté pour d'autres îles, mais un exemple de plus est toujours intéressant.

Soixante-huit espèces ont été trouvées sur les îles de Toscane qui manquent à la terre ferme voisine, et les $^5/_6$ de ces espèces se trouvent en Corse et en Sardaigne. Quatre espèces seulement n'ont pas encore été trouvées ailleurs. De là cette conclusion de M. Caruel : « Si je ne me trompe, « toutes les observations concourent à un même résultat. « L'ensemble des caractères de la flore des îles toscanes « exige l'hypothèse de l'existence, à une époque plus ou « moins éloignée, d'une terre qui reliait le continent italien « à la Corse et dont les îles mentionnées ne seraient qu'un « reste. »

Alph. de C.

Dr J. Hanstein. Botanische Abhandlungen, etc. Mémoires botaniques sur la morphologie et la physiologie. Fasc. 1. Bonn, 1870.

Les *Archives* ont précédemment fait connaître un important travail du Dr Hanstein sur ce qu'il appelle le *Groupe des*

cellules terminales dans le point de végétation des Phanérogames[1]. On sait que M. Hanstein n'admet point l'existence d'une cellule terminale unique au sommet du cône végétatif des phanérogames et qu'il est arrivé à la conclusion que, chez les plantes de cette classe, le point végétatif se compose d'un groupe de cellules de même importance concourant toutes au même degré à l'accroissement de l'axe qu'elles terminent. M. Hanstein insistait aussi sur le fait que les tissus primordiaux (moelle, plérome, méristème et épiderme) se distinguent déjà les uns des autres immédiatement au-dessous du point de végétation, souvent même avant la première apparition des protubérances latérales destinées à former les feuilles. Le fait que l'épiderme est déjà distinct dans le plus jeune âge avait surtout fixé son attention. Il restait à savoir comment les choses se passent dans l'embryon dont l'évolution n'avait guère encore été étudiée sous ce rapport. C'est là le sujet du nouveau mémoire que nous annonçons.

Or l'ensemble d'un grand nombre d'observations, décrites avec un soin minutieux, vient corroborer la manière de voir de M. Hanstein en établissant clairement que le point végétatif de l'embryon des phanérogames est multicellulaire comme celui de leurs rameaux. L'embryon résulte de l'accroissement subséquent de deux ou trois cellules superposées du proembryon, mais à partir du moment où la cellule terminale de cette rangée primitive s'est augmentée, elle se trouve remplacée par deux, puis un plus grand nombre de cellules qui continuent à s'accroître simultanément.

Ici encore les tissus et surtout l'épiderme se distinguent les uns des autres de très-bonne heure, même antérieurement à l'apparition des cotylédons[1].

L'épiderme est donc une véritable enveloppe générale de tout le végétal. Reconnaissable dès le plus jeune âge, il ne cesse de s'accroître par segmentation de ses cellules, au fur et à mesure de l'expansion des tissus qu'il recouvre.

Le mémoire dont il s'agit ici est accompagné de plusieurs planches très-détaillées se rapportant aux espèces suivantes : Capsella Bursa-pastoris, Œnothera nocturna, Nicotiana

[1] Voir *Archives*, mars 1869.

Tabacum, Viola Altaica, Veronica latifolia, Cerastium, Rœmeria refracta, Geum urbanum, Alisma Plantago, Funkia Sieboldii, Allium rubrum, Allium Porrum, Asphodeline lutea, Atherurus ternatus, Ruscus racemosus, Tradescantia Virginica, Brachypodium distachyum.

On comprend que l'étude de l'évolution de l'embryon, chez tant d'espèces différentes, est un champ vaste dans lequel le Dr Hanstein a dû rencontrer et aborder une foule de questions de la plus haute importance. Aussi trouvera-t-on dans son mémoire un examen détaillé du mode de développement des cotylédons, des radicules, des coleorhizes, gaînes de monocotylédones, appendices des Graminées, etc. Il y a joint une série de considérations générales sur les questions les plus importantes de la morphologie.

Ainsi il se prononce ouvertement contre toute théorie ayant pour but d'expliquer la symétrie des ramifications par la forme ou le mode de cloisonnement des cellules terminales, même lorsque ces dernières sont réduites à une seule, comme cela a lieu dans les Cryptogames supérieures.

Il n'est pas moins explicite non plus à l'égard de l'hypothèse d'un rôle direct de la pesanteur dans la production des formes végétales, hypothèse soutenue, non sans réserves, il est vrai, dans un récent et important traité de morphologie[1]. C. de C.

Eug. Warming. Le Cyathium de l'Euphorbe est-il une fleur ou une inflorescence? Copenhague, 1871.

Tel est le titre d'une thèse de doctorat roulant sur une série de recherches organogéniques délicates et consciencieusement traitée, qui se rapportent aux quatorze espèces suivantes du genre Euphorbia : E. Peplus L., Helioscopia L., exigua L., Lathyris L., Esula L., Cyparissias L., Græca Boiss., Lagascæ Spr., pilosa L. var. trigonocarpa, falcata L., segetalis L., trapezoidalis Viv., medicaginea Boiss., Terracina L.

En résumé, le Dr Warming est conduit à considérer le Cyathium comme une inflorescence dont les fleurs unisexuelles sont réduites à la plus gande simplicité. C'est l'ancienne opinion de Rob. Brown, combattue plus récemment par MM. Payer et Baillon. C. de C.

[1] Hofmeister, Handbuch der physiologischen Botanik; v. I, fasc. 2. Allgemeine Morphologie.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1871.

Le 1er, gelée blanche le matin.
2, bruine dans la matinée.
3, brouillard tout le jour.
4, brouillard tout le jour, sauf pendant un moment, à 4 h. après midi.
5, brouillard jusqu'à midi.
6, forte gelée blanche; couronne lunaire dans la soirée.
11, brouillard le matin; dans l'après-midi de 2 $^1/_2$ à 5 $^1/_2$ h. halo solaire; on voit les deux parhélies et une partie de l'arc tangent supérieur.
12, forte gelée blanche le matin.
15, dans la soirée quelques flocons de neige.
17, neige le matin; depuis 2 h. de l'après-midi forte bise, qui dure jusque dans la nuit du 18 au 19.
22, 23, 24, 25, gelée blanche le matin.
26, halo solaire dans l'après-midi; très-éclatant à plusieurs reprises.
28, à 2 h. après midi, la bise commence à souffler avec force, et elle dure jusque dans l'après-midi du 31.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 2	à 10 h. matin	739,08
9	à 10 h. matin	737,69
17	à 10 h. soir	728,37
21	à 10 h. soir	727,53
27	à 10 h. matin	727,44
31	à 8 h. soir	726,23

MINIMUM.

		mm
Le 6	à 6 h. soir	725,75
16	à 5 1/4 h. soir	714,56
20	à 4 h. après m.	723,72
24	à 4 h. après m.	723,82
29	à 4 h. après m.	723,14

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	734,48	+ 8,86	+ 5,00	+2,17	+ 0,3	+10,0	5,17	+0,69	789	+ 1	630	930	...	...	NNE. 2	0,28	4,8	— 0,6	111
2	738,55	+12,98	+ 3,27	+0,32	+ 2,7	+ 4,9	5,30	+0,79	932	+147	860	940	...	...	N. 1	1,00	4,9	— 0,6	111
3	737,00	+11,48	+ 2,06	—1,00	+ 1,7	+ 4,0	5,26	+0,73	998	+216	920	1000	...	...	variable	1,00	4,8	— 0,2	111
4	732,22	+ 6,75	+ 1,18	—2,00	— 0,1	+ 5,2	4,94	+0,39	993	+214	810	1000	...	...	N. 1	0,89	4,8	— 0,7	111
5	732,83	+ 7,41	+ 1,74	—2,36	— 1,8	+ 6,0	5,02	+0,45	955	+179	840	1000	0,3	...	N. 1	0,40	—	—	111
6	727,99	+ 2,62	+ 4,92	+1,50	— 1,1	+14,7	5,36	+0,77	821	+ 48	580	970	...	...	N. 1	0,27	5,8	+ 0,2	111
7	728,60	+ 3,29	+ 8,24	+4,70	+ 4,6	+13,8	6,05	+1,44	765	— 5	430	940	2,6	4	variable	0,93	5,6	— 0,1	111
8	733,10	+ 7,85	+ 7,70	+4,04	+ 4,3	+11,8	7,39	+2,77	935	+167	770	990	8,0	12	SSO. 1	1,00	5,9	+ 0,2	110
9	736,62	+11,43	+ 6,06	+2,28	+ 3,4	+ 9,7	5,10	+0,47	756	— 10	550	880	...	...	N. 1	0,32	5,9	+ 0,2	110
10	734,44	+ 9,31	+ 7,38	+3,48	+ 3,2	+11,2	5,83	+1,19	761	— 3	570	940	0,5	2	variable	0,99	6,2	+ 0,4	140
11	734,09	+ 9,02	+ 5,67	+1,65	+ 1,3	+10,4	6,12	+1,47	893	+131	700	1000	...	...	N. 1	0,32	6,7	+ 0,8	112
12	731,07	+ 6,06	+ 6,10	+1,95	— 0,2	+11,0	5,48	+0,82	774	+ 14	640	970	...	...	N. 1	0,01	—	—	113
13	729,16	+ 4,21	+11,65	+7,37	+ 7,3	+16,8	5,47	+0,80	555	—203	400	760	...	...	SSO. 2	0,53	6,7	+ 0,7	115
14	727,14	+ 2,25	+ 8,25	+3,85	+ 6,2	+11,2	7,13	+2,45	881	+125	670	940	3,2	4	N. 1	0,87	6,9	+ 0,9	116
15	723,61	— 1,23	+ 6,95	+2,42	+ 2,8	+11,0	5,37	+0,68	749	— 5	580	800	7,3	6	SSO. 1	0,99	6,3	+ 0,2	116
16	719,32	— 5,49	+ 1,71	—2,95	— 0,2	+ 4,0	3,83	—0,88	754	+ 2	460	870	7,8	7	SO. 2	0,87	5,4	— 0,8	116
17	725,11	+ 0,33	+ 1,55	—3,23	— 0,3	+ 4,0	3,49	—1,24	702	— 48	500	850	0,3	2	NNE. 2	0,74	5,4	— 0,8	116
18	726,90	+ 2,15	+ 0,96	—3,95	— 0,7	+ 3,9	3,69	—1,06	770	+ 22	560	870	...	...	NNE. 3	0,20	4,9	— 1,4	117
19	725,62	+ 0,90	+ 0,79	—4,25	— 3,0	+ 4,0	3,27	—1,50	700	— 46	530	920	...	...	NNE. 2	0,36	—	—	117
20	724,23	— 0,46	+ 1,57	—3,60	— 2,7	+ 4,9	3,78	—1,02	740	— 4	650	960	...	...	N. 1	0,83	5,3	— 1,1	117
21	725,98	+ 1,32	+ 3,46	—1,84	+ 1,2	+ 6,2	4,28	—0,55	753	+ 11	600	890	...	...	NNE. 1	0,56	5,7	— 0,8	117
22	726,55	+ 1,92	+ 4,50	—0,93	— 0,4	+10,0	5,00	+0,14	795	+ 55	570	960	...	...	N. 1	0,05	5,8	— 0,8	117
23	726,01	+ 1,41	+ 7,00	+1,44	+ 0,5	+13,8	5,46	+0,57	735	— 3	450	910	...	...	N. 1	0,06	5,9	— 0,8	117
24	724,84	+ 0,27	+ 9,00	+3,31	+ 1,1	+18,8	5,73	+0,81	684	— 52	370	970	...	...	N. 1	0,03	6,3	— 0,4	117
25	724,75	+ 0,21	+ 8,65	+2,83	+ 1,7	+15,0	5,30	+0,35	645	— 89	400	840	...	...	SO. 1	0,76	6,4	— 0,4	117
26	726,18	+ 1,67	+10,77	+4,81	+ 4,6	+17,9	5,64	+0,66	601	—131	330	810	...	...	SO. 1	0,53	—	—	117
27	726,28	+ 1,80	+10,30	+4,21	+ 7,4	+15,1	7,11	+2,10	772	+ 42	580	880	2,8	5	N. 1	0,63	7,5	+ 0,6	117
28	725,05	+ 0,59	+ 6,47	+0,24	+ 1,7	+12,2	5,70	+0,66	780	+ 52	520	950	0,5	2	NNE. 3	0,80	7,8	+ 0,8	119
29	723,62	— 0,82	+ 1,34	—5,02	— 1,1	+ 4,1	3,13	—1,94	645	— 81	420	760	...	...	NNE. 3	0,10	6,9	— 0,2	119
30	724,08	— 0,34	+ 2,61	—3,88	+ 0,6	+ 5,0	3,13	—1,97	596	—129	390	870	...	...	NNE. 3	0,44	5,6	— 1,5	119
31	725,64	+ 1,23	+ 3,11	—3,52	— 0,3	+ 7,3	2,89	—2,24	543	—181	310	750	...	...	NNE. 2	0,09	5,3	— 1,9	119

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	733,79	734,19	734,33	733,89	733,12	732,86	733,03	733,48	733,78
2e »	727,24	727,56	727,50	726,91	726,12	725,51	725,67	726,18	726,33
3e »	725,53	725,83	725,87	725,53	725,02	724,76	725,13	725,68	725,83
Mois	728,74	729,08	729,13	728,67	727,99	727,61	727,85	728,36	728,56
				Température.					
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2,42	+ 2,96	+ 5,27	+ 7,36	+ 8,06	+ 7,50	+ 6,17	+ 5,17	+ 4,15
2e »	+ 2,14	+ 3.43	+ 5,73	+ 6,74	+ 7,03	+ 6,78	+ 5,69	+ 4,98	+ 4,62
3e »	+ 2,50	+ 4,49	+ 6,61	+ 8,18	+ 9,57	+ 9,92	+ 9,04	+ 6,46	+ 5,45
Mois	+ 2,36	+ 3,66	+ 5,89	+ 7,46	+ 8,26	+ 8,12	+ 7,03	+ 5,57	+ 4,77
				Tension de la vapeur.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,07	5,11	5,33	5,71	5,61	5,71	5,95	5,85	5,78
2e »	4,56	4,72	4,82	4,74	4,83	4,81	4,78	5,06	5,00
3e »	4,80	5,18	5,28	5,14	4,75	4,43	4,50	4,98	5,04
Mois	4,81	5,01	5,21	5,20	5,05	4,96	5,06	5,29	5,26
				Fraction de saturation en millièmes.					
1re décade	929	900	840	755	712	744	840	880	924
2e »	843	784	688	637	647	639	679	761	768
3e »	852	797	704	613	525	478	505	661	722
Mois	874	826	743	666	624	616	669	764	802

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 1,72	+ 9,13	0,71	5,41	11,4	110,7
2e »	+ 1,05	+ 8,12	0,57	5,95	17,6	116,5
3e »	+ 1,55	+11,40	0,40	6,32	3,3	117,6
Mois	+ 1,44	+ 9,61	0,54	5,91	32,3	115,1

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,37 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 1°,6 E., et son intensité est égale à 56,2 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1871.

Le 7,	brouillard	depuis midi.
8,	id.	le matin et le soir ; neige dans la nuit du 8 au 9.
9,	id.	jusqu'à 6 h. du soir.
10,	id.	depuis 8 h. du matin.
12,	id.	depuis 2 h. après midi.
13,	id.	une partie de la journée.
14 et 15,	id.	tout le jour ; neige dans la nuit du 14 au 15.
16,	id.	une partie de la journée.
17,	id.	tout le jour.
18,	id.	le matin et le soir.
20,	id.	presque tout le jour.
22,	id.	id.
24 et 25,	id.	tout le jour.
26,	id.	jusqu'à 2 h. après midi.
28,	id.	tout le jour.
29 et 30,	id.	presque tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	573,05	Le 4 à 4 h. après m.	567,55
5 à midi	568,84	7 à 6 h. matin	565,54
8 à midi	568,89	10 à 4 h. après m.	567,25
11 à 10 h. soir	569,31	16 à 8 h. soir	551,02
19 à 8 h. soir	559,08	20 à midi	557,34
24 à 10 h. soir	564,49	30 à 8 h. soir	554,12
31 à 10 h. soir	558,81		

Jours du m	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	569,72	+10,03	568,72	570,91	— 0,80	+ 7,43	— 3,2	+ 2,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
2	572,48	+12,80	571,51	573,05	— 0,11	+ 8,06	— 3,3	+ 3,6	.....	.....	....	variable	0,01
3	571,80	+12,12	570,90	572,63	+ 1,03	+ 9,13	— 1,3	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 0	0,00
4	568,12	+ 8,45	567,55	569,02	— 0,28	+ 7,77	— 4,2	+ 2,8	.....	.....	....	variable	0,01
5	568,41	+ 8,74	568,02	568,84	— 4,12	+ 3,87	— 6,3	— 1,3	.....	.....	....	SO. 1	0,00
6	566,47	+ 6,81	566,10	567,06	— 5,55	+ 2,37	— 7,7	— 3,3	.....	.....	....	variable	0,04
7	566,68	+ 7,02	565,54	567,61	— 5,77	+ 2,08	— 7,8	— 4,0	.....	.....	....	SO. 1	0,92
8	568,24	+ 8,58	567,48	568,69	— 3,16	+ 4,62	— 5,2	0,0	15	2,0	....	variable	0,80
9	568,19	+ 8,52	568,01	568,61	— 7,81	— 0,10	— 9,1	— 5,6	10	1,8	....	NE. 2	0,77
10	567,61	+ 7,94	567,25	567,92	— 4,31	+ 3,33	— 7,8	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,83
11	568,71	+ 9,03	567,45	569,31	— 3,80	+ 3,76	— 7,4	— 1,0	.....	.....	....	NE. 1	0,01
12	568,65	+ 8,96	568,11	569,22	— 3,00	+ 4,48	— 3,8	— 0,4	.....	.....	....	SO. 1	0,51
13	566,36	+ 6,66	566,04	566,81	— 3,29	+ 4,11	— 5,8	0,0	.....	.....	....	SO. 1	0,54
14	563,59	+ 3,88	562,43	565,03	— 4,57	+ 2,75	— 5,0	— 3,0	.....	.....	....	SO. 1	0,93
15	558,83	— 0,90	556,98	560,24	— 5,48	+ 1,75	— 7,6	— 2,2	25	2,5	....	SO. 1	0,91
16	553,24	— 6,51	551,02	555,65	— 8,23	— 1,09	—10,4	— 4,4	180	12,5	....	variable	0,91
17	555,37	— 4,40	552,44	557,74	—12,98	— 5,93	—14,3	—11,0	.....	.....	....	NE. 3	0,96
18	557,15	— 2,64	556,98	557,40	—14,00	— 7,04	—15,4	—12,0	.....	.....	....	NE. 2	0,41
19	558,28	— 1,54	556,75	559,08	— 8,46	— 1,59	—10,2	— 5,0	.....	.....	....	SO. 1	0,13
20	557,61	— 2,24	557,34	558,24	— 7,47	— 0,70	—10,4	— 3,8	.....	.....	....	variable	0,74
21	561,33	+ 1,45	559,24	562,69	— 2,95	+ 3,72	— 5,3	+ 1,3	.....	.....	....	variable	0,36
22	563,29	+ 3,38	562,40	564,13	— 3,76	+ 2,81	— 5,6	— 1,7	.....	.....	....	SO. 1	0,67
23	563,90	+ 3,96	563,65	564,15	— 1,82	+ 4,65	— 3,8	+ 1,0	.....	.....	....	SO. 1	0,30
24	563,99	+ 4,01	563,60	564,49	— 5,70	+ 0,67	— 8,2	— 4,0	.....	.....	....	SO. 2	0,91
25	563,46	+ 3,44	563,21	563,82	— 6,85	— 0,59	— 8,4	— 5,3	.....	.....	....	SO. 2	0,99
26	563,74	+ 3,68	563,49	564,10	— 4,96	+ 1,20	— 6,8	— 2,5	.....	.....	....	SO. 1	0,69
27	563,46	+ 3,36	563,05	563,85	— 2,21	+ 3,84	— 6,0	+ 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,44
28	559,95	— 0,20	557,95	561,64	— 5,07	+ 0,87	— 7,0	— 2,6	.....	.....	....	NE. 2	1,00
29	555,25	— 4,95	555,10	555,47	—12,02	— 6,19	—14,8	— 8,8	.....	.....	....	NE. 1	0,80
30	555,41	— 4,84	554,12	556,42	—12,91	— 7,19	—15,0	— 8,5	.....	.....	....	NE. 2	0,96
31	557,65	— 2,65	556,35	558,81	—11,16	— 5,56	—12,5	— 7,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	568,55	568,78	569,01	568,99	568,77	568,71	568,83	568,85	568,88
2e »	560,77	561,01	561,20	561,17	560,87	560,59	560,64	560,54	560,65
3e »	560,55	560,89	561,15	561,20	561,06	561,03	561,21	561,33	561,38
Mois	563,20	563,47	563,70	563,70	563,49	563,37	563,48	563,50	563,56
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,47	— 3,35	— 1,55	— 1,32	— 0,10	— 0,87	— 3,35	— 4,60	— 3,77
2e »	— 8,31	— 7,92	— 6,37	— 5,12	— 4,79	— 5,07	— 6,67	— 7,56	— 7,93
3e »	— 7,67	— 6,52	— 5,15	— 3,81	— 3,66	— 4,59	— 6,25	— 7,06	— 7,69
Mois	— 6,84	— 5,95	— 4,38	— 3,43	— 2,87	— 3,55	— 5,45	— 6,43	— 6,50

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 5,59	— 0,03	0,34	3,8	25
2e »	— 9,03	— 4,28	0,61	15,0	205
3e »	— 8,49	— 3,37	0,65	0,0	00
Mois	— 7,73	— 2,59	0,53	18,8	230

Dans ce mois, l'air a été calme 10 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,18 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 10,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XL (NOUVELLE PÉRIODE)

1871. — N°s 157 à 160.

Pages

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.



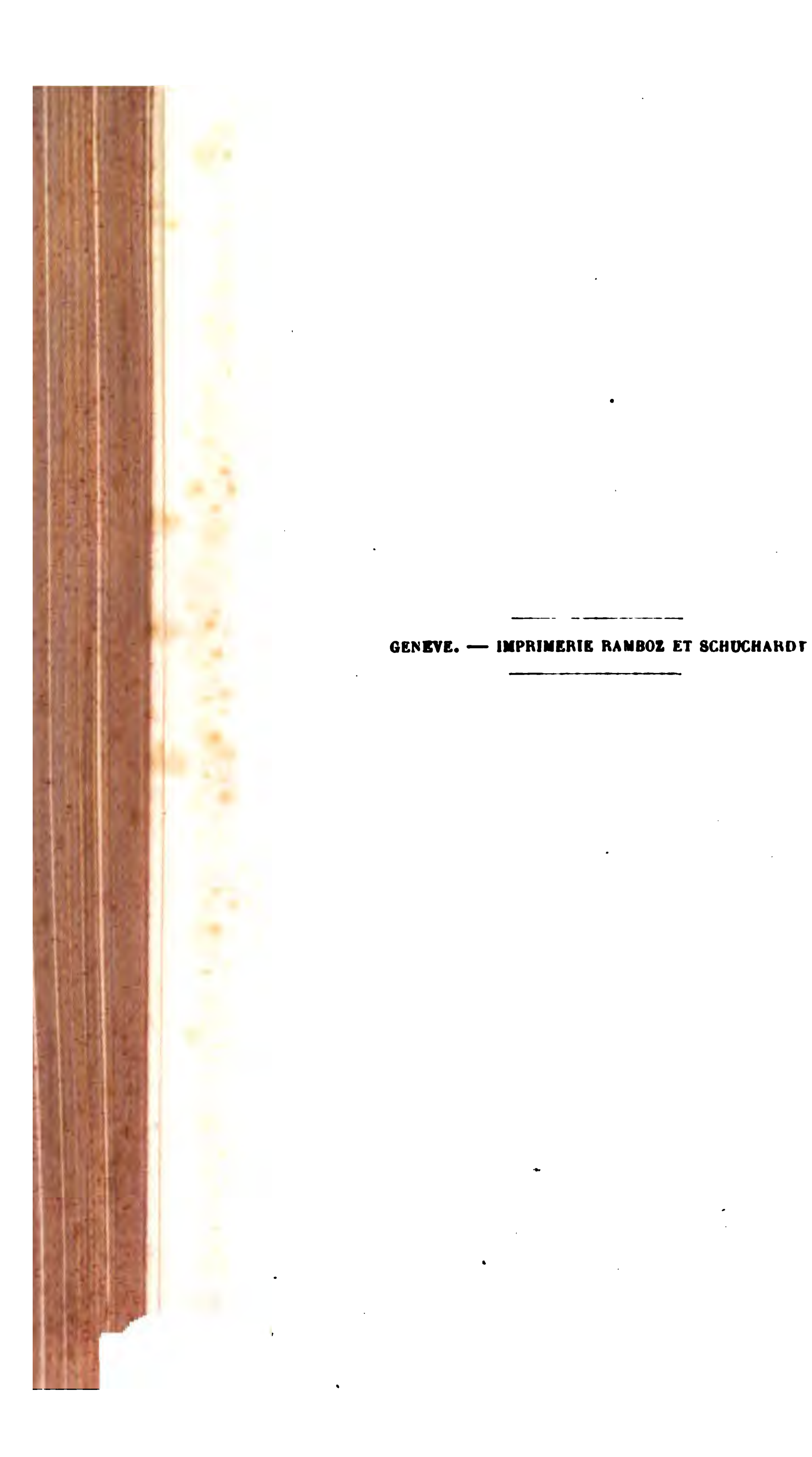
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



GENEVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME QUARANTE ET UNIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
JOEL CHERBULIEZ
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1871

DE L'ACTION DU MAGNÉTISME

SUR

LES GAZ TRAVERSÉS PAR DES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

PAR

MM. A. DE LA RIVE ET E. SARASIN.

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 6 avril 1871.

L'un de nous (M. de la Rive) s'est depuis longtemps occupé de l'action du magnétisme sur les jets électriques qui se propagent dans les milieux gazeux très-raréfiés. Dans ses dernières recherches, qui ont paru dans les *Archives des sciences physiques* [1], M. de la Rive a montré que l'action du magnétisme détermine une augmentation considérable de la résistance à la conductibilité électrique, augmentation qui varie suivant la portion du jet soumise à l'action de l'électro-aimant, et suivant la position du tube traversé par la décharge relativement aux pôles magnétiques.

M. de la Rive a encore étudié d'une manière détaillée les effets de rotation produits par l'action d'un pôle magnétique sur les jets électriques, dans divers milieux gazeux très-raréfiés. Il a signalé les différences de vitesse qui résultent du degré plus ou moins grand de raréfaction du

[1] Décembre 1866, tome XXVII, p. 289.



milieu et de sa nature plus ou moins conductrice; il a insisté particulièrement sur l'apparence curieuse que présente le jet électrique dans un milieu renfermant une proportion un peu considérable de vapeur d'eau ou de vapeur d'alcool, apparence qui consiste dans la division du jet en plusieurs autres formant comme les rayons d'une roue, ce qui n'a jamais lieu à aucun degré de raréfaction dans les milieux gazeux qui ne renferment pas de vapeur.

M. de la Rive, enfin, indiquait à la fin de son travail qu'il y avait encore bien des points importants à éclaircir dans ce sujet intéressant. C'est cette étude que nous avons entreprise ensemble, et dont nous venons aujourd'hui communiquer les résultats à la Société.

Le premier point que nous avons eu à constater, c'est de savoir si, lorsqu'un jet électrique traverse un milieu gazeux raréfié, l'influence du magnétisme détermine un changement de densité, une augmentation probablement, dans la portion du gaz soumise à l'action de l'aimant.

Nous avons ensuite cherché à déterminer l'influence du magnétisme sur la conductibilité électrique des gaz raréfiés, traversés par la décharge, quand cette décharge s'opère dans une direction perpendiculaire à la ligne qui joint les pôles de l'électro-aimant, c'est-à-dire équatorialement.

Puis nous avons étudié cette même influence dans un cas où elle ne l'avait pas encore été, c'est-à-dire quand la décharge s'opère axialement, soit suivant la direction de la ligne qui joint les deux pôles.

Enfin, nous avons examiné sous le même rapport un troisième cas, celui où le jet électrique éprouve un mouvement de rotation continue sous l'action d'un élec-

tro-aimant disposé à cet effet dans l'intérieur du milieu gazeux raréfié.

Comme notre but n'était pas de chercher pour chaque gaz les coefficients numériques relatifs à ces divers genres d'action, mais seulement de déterminer les lois générale des phénomènes qui nous occupent, nous nous sommes bornés à opérer sur trois gaz très-différents sous le rapport de leurs propriétés physiques et chimiques, savoir l'*air atmosphérique*, l'*hydrogène* et l'*acide carbonique*.

I. *Influence du magnétisme sur la densité du gaz raréfié, traversé par la décharge électrique.*

Lorsqu'on soumet à l'action du magnétisme le jet électrique transmis dans un tube à travers un gaz raréfié, on observe que ce jet, tendant, comme Plücker l'a démontré, à décrire une courbe magnétique, se porte vers les parois du tube qui précisement l'empêchent de décrire exactement cette courbe, et cela d'un côté ou de l'autre, suivant le sens relatif du magnétisme et du courant électrique. En même temps le jet qui s'étalait plus ou moins dans le tube suivant la densité du gaz, semble se contracter en un filet passablement mince. On est donc disposé à croire que le gaz lui-même qui propage l'électricité se condense sous l'action de l'électro-aimant, et que c'est peut-être à cette cause qu'on doit la résistance plus grande qu'il présente alors à la conductibilité électrique. Nous avons donc cru devoir commencer notre travail par l'examen de ce point, c'est-à-dire rechercher si véritablement cette condensation a lieu.

Dès les premiers essais que nous fîmes, en faisant communiquer avec un manomètre très-sensible le tube

traversé par la décharge électrique sous l'action du magnétisme, nous reconnûmes que la condensation apparente du jet électrique est accompagnée d'une augmentation de la force élastique du gaz. Ce fait s'observe, du reste, avec la plus grande facilité. Quand on fait passer le courant d'induction à travers un tube rempli d'un gaz quelconque amené à un certain degré de raréfaction, et communiquant avec le manomètre, celui-ci indique une augmentation de pression très-notable à l'instant où la décharge commence à passer. Cette augmentation de pression résulte évidemment de l'échauffement du gaz. Lorsqu'ensuite on soumet à l'action du magnétisme le tube qui continue à être traversé par la décharge électrique, l'on voit la pression dans le manomètre diminuer, sans cependant revenir jamais tout à fait à ce qu'elle était avant le passage du courant. Sous l'action de l'aimantation, la force élastique du gaz traversé par la décharge électrique a donc été sensiblement diminuée, sans revenir cependant à ce qu'elle était avant le passage du courant. Cette diminution doit tenir, en partie du moins, à l'affaiblissement du courant qui, dès lors, doit produire un moindre échauffement.

Pour faire une étude plus approfondie de ce point spécial, nous nous sommes servis d'un grand tube de verre à deux compartiments séparés l'un de l'autre par un robinet également en verre, à large ouverture. Ce tube a 51 centimètres de longueur, 65 millimètres de diamètre; la longueur de chacun des deux compartiments est de 225 millimètres; ils sont réunis par une tubulure qui a 60 millimètres de longueur, 10 millimètres de diamètre; l'ouverture du robinet de verre a la même section qu'elle. Ce robinet, parfaitement rodé,



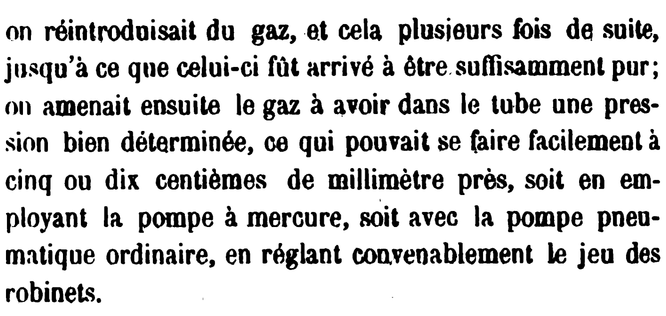
ferme hermétiquement. Le tube porte, à ses deux extrémités, des montures en laiton avec robinets et électrodes à boules, également en laiton. La distance d'une électrode à l'autre est de 41 centimètres; le tube est placé transversalement entre les deux pôles de l'électro-aimant, de manière à ce que le milieu de l'un des deux compartiments se trouve sur l'axe de l'aimant, tandis que l'autre est complétement soustrait à l'action du magnétisme. L'électro-aimant, dont nous nous sommes servis dans ces expériences, est celui que M. de la Rive a décrit dans son Mémoire sur la polarisation rotatoire magnétique des liquides [1]; nous l'aimantions habituellement au moyen du courant produit par 40 couples de Bunsen. Pour que l'action du magnétisme fût aussi intense que possible sur l'une de deux moitiés de la décharge électrique, les deux pôles de l'électro-aimant étaient amenés en contact immédiat avec les parois latérales de celui des deux compartiments du tube de verre qui devait être soumis à son action. Ce compartiment était mis en communication par un petit tube de plomb avec un manomètre très-sensible, composé d'un double baromètre et d'un cathétomètre permettant d'apprécier les centièmes de millimètre. L'autre compartiment était relié par un système de tubes de plomb à une pompe pneumatique ordinaire, à une pompe pneumatique à mercure et à un appareil destiné à introduire et à dessécher les gaz. Le courant induit était fourni par une bobine de Ruhmkorff, de moyenne grandeur, excitée par le courant d'une pile de quatre couples de Grove.

Pour faire l'expérience l'on commençait par faire le vide dans tout l'appareil, puis l'on introduisait le gaz sur lequel il s'agissait d'opérer, on faisait le vide de nouveau,

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, Juillet 1870, tome XXXVIII, p. 209.







on réintroduisait du gaz, et cela plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que celui-ci fût arrivé à être suffisamment pur; on amenait ensuite le gaz à avoir dans le tube une pression bien déterminée, ce qui pouvait se faire facilement à cinq ou dix centièmes de millimètre près, soit en employant la pompe à mercure, soit avec la pompe pneumatique ordinaire, en réglant convenablement le jeu des robinets.

La communication avec les tuyaux de plomb étant fermée, on vise bien exactement le niveau du mercure, on ferme ensuite le robinet qui établit la communication entre le tube de verre et le manomètre, et on fait passer le courant après avoir aimanté l'électro-aimant. Dans le compartiment qui se trouve placé entre les deux pôles magnétiques, le jet lumineux est fortement condensé et repoussé contre la paroi du tube. Dans l'autre compartiment, l'effet, au moins en apparence, est presque nul, sauf la diminution d'éclat résultant de l'augmentation considérable de résistance qui se produit dans le compartiment soumis à l'aimantation, et, par conséquent, de la diminution d'intensité de la décharge. On laisse agir le magnétisme pendant 10 ou 20 secondes environ, puis on ferme le grand robinet de verre pendant que le courant se propage encore ; à l'instant même le préparateur tourne l'interrupteur de la bobine de Ruhmkorff et arrête ainsi le courant. Enfin, on observe le manomètre pendant que l'on ouvre successivement le robinet qui sépare le premier compartiment du manomètre, puis le grand robinet de verre. En opérant ainsi, on trouve que le gaz renfermé dans le compartiment sur lequel l'aimant a agi, présente une augmentation de pression très-sensible, tandis que dans l'autre il s'est opéré un vide partiel équi-

valant. En observant le manomètre, on voit s'y produire une forte oscillation à l'instant où le robinet, qui le met en communication avec le compartiment sur lequel l'aimant a agi, est ouvert; le niveau du mercure s'abaisse de plusieurs centièmes de millimètres; puis, lorsqu'on ouvre le robinet de verre qui met en communication le second compartiment avec le premier et avec le manomètre, on observe une seconde oscillation en sens inverse de la première, et lorsque le mouvement du mercure a cessé, l'on voit que son niveau est revenu exactement à ce qu'il était avant l'expérience. Ainsi donc, sous l'action du magnétisme, une certaine quantité de gaz a passé du compartiment qui est en dehors de cette action dans celui qui y est soumis et a augmenté, par conséquent, la densité du gaz qui y est contenu.

Cet effet varie naturellement avec l'intensité de l'aimant, avec l'intensité du courant d'induction et avec la pression initiale du gaz sur lequel on opère. Il augmente évidemment avec l'intensité du magnétisme et avec l'intensité de la décharge; il augmente aussi très-notablement avec la densité initiale du gaz, pourvu que la décharge soit assez forte pour que son intensité ne soit pas trop affaiblie par cette augmentation de densité. Pour une intensité donnée du courant de la bobine d'induction et une distance déterminée des électrodes, il y a donc pour chaque gaz une pression à laquelle l'effet observé est maximum. Cette pression est la plus basse pour l'air, qui est le moins bon conducteur des trois gaz sur lesquels nous avons opéré, plus élevée pour l'acide carbonique et plus élevée encore pour l'hydrogène. Dans le grand tube à robinet de verre par exemple, et avec la bobine de Ruhmkorff de moyenne grandeur, les trois



pressions correspondantes au maximum d'effet étaient de 7mm à 8mm pour l'air, de 10mm à 12mm pour l'acide carbonique, de 15mm pour l'hydrogène. Un très-grand nombre d'expériences nous ont démontré que la condensation est la plus forte pour l'air, sensiblement moins forte déjà pour l'acide carbonique et très-faible pour l'hydrogène. Avec la bobine de Ruhmkorff de moyenne grandeur, nous avons obtenu pour la variation de force élastique, en ayant pour les trois gaz la même pression initiale de 8mm :

Air.	Acide carbonique.	Hydrogène.
mm 0,12 et mm 0,16	mm 0,08 et mm 0,12	mm 0,02 et mm 0,04

Il était inutile, comme on peut le voir, de ramener dans chaque cas, comme nous l'avions d'abord fait, l'intensité du courant à être la même ; car, lors même qu'on ne le fait pas, l'ordre dans lequel les trois gaz se rangent ne change pas et le résultat est alors d'autant plus significatif que l'intensité du courant, qui est plus grande dans l'acide carbonique et dans l'hydrogène que dans l'air, devrait au contraire, si elle troublait les expériences, intervertir l'ordre des trois gaz.

Quand même les nombreuses expériences, faites dans ces conditions-là, ne nous laissaient aucun doute sur l'effet, variable d'un gaz à l'autre, que le magnétisme exerce sur un milieu raréfié traversé par la décharge électrique, nous avons désiré reprendre ces expériences et les répéter avec une bobine de Ruhmkorff d'un très-fort modèle, qui nous permettait d'opérer à des pressions beaucoup plus élevées, en ayant un courant plus fort, et d'obtenir par cela même des effets beaucoup plus prononcés. Le tableau suivant renferme les résultats que nous avons obtenus dans cette nouvelle série d'expériences.

Différences de pression observées :

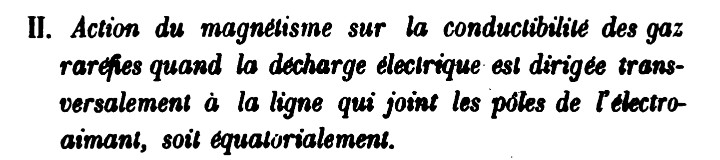
	Air.	Acide carbonique.	Hydrogène.
à 8mm	0mm,10 à 0mm,12	0mm,04 à 0mm,06	0mm,02
15	0,24 à 0,28	0,16	0,04
20	0,32 à 0,36	0,20	0,06

Ces chiffres se rapportent au cas où le compartiment dans lequel se trouve l'électrode négative est placé entre les deux pôles de l'aimant, l'autre étant placé en dehors de son action. Nos expériences ont montré que l'effet est beaucoup moindre dans le cas inverse. Lorsque l'aimant agissait sur la partie positive du jet, nous avons obtenu pour cette variation de pression avec l'air à 20mm 0mm,16 à 0mm,18 au lieu de 0mm,32.

Il résulte donc de ces expériences que l'action du magnétisme augmente d'une manière sensible la densité d'un milieux gazeux traversé par la décharge électrique dans la portion de ce milieu sur laquelle cette action s'exerce. Cet effet varie suivant les différents gaz : il est d'autant plus fort que le gaz est moins bon conducteur pour l'électricité. Il varie aussi suivant la portion du jet qui est soumise à l'action de l'aimant, étant maximum lorsque l'aimant agit sur la portion négative.

Nous nous bornons pour le moment à constater le fait sans nous hasarder encore à en donner l'interprétation ; il peut provenir, soit d'une condensation réelle des molécules gazeuses opérée par le magnétisme, soit d'une différence de température entre la partie du jet qui est soumise à l'action magnétique, et celle qui ne l'est pas, soit de ces deux causes réunies. Nous nous proposons de reprendre l'examen de cette question dans l'étude que nous comptons faire de l'influence du magnétisme sur les effets calorifiques produits par le passage de la décharge électrique à travers les gaz raréfiés.





II. *Action du magnétisme sur la conductibilité des gaz raréfiés quand la décharge électrique est dirigée transversalement à la ligne qui joint les pôles de l'électro-aimant, soit équatorialement.*

Pour étudier l'influence du magnétisme sur la résistance qu'un gaz raréfié oppose à la transmission de la décharge électrique, dans le cas où celle-ci s'accomplit suivant une direction perpendiculaire à la ligne des pôles de l'électro-aimant, nous avons employé un tube de verre cylindrique dont les dimensions étaient choisies de manière à ce que le jet électrique fût soumis sur toute sa longueur à l'action intense du magnétisme. Ce tube avait 20 centimètres de longueur et 35^{mm} de diamètre ; il portait à ses extrémités deux montures en laiton, avec robinets et électrodes à boules également en laiton ; la distance entre les deux électrodes était égale au diamètre des fers doux de l'électro-aimant, savoir à 9 centimètres. Ce cylindre de verre était disposé comme le grand tube à robinet de verre dans l'expérience précédente et communiquait par des tuyaux de plomb, d'une part avec le manomètre, d'autre part avec la machine pneumatique.

Pour pouvoir comparer entre eux les trois différents gaz sur lesquels nous voulions opérer, il fallait les placer tous trois dans des conditions identiques, c'est-à-dire les amener à la même pression et les faire traverser par un courant de même intensité. Mais comme il n'était pas facile de disposer un rhéostat dans le circuit induit, nous avons imaginé de faire varier l'intensité du courant inducteur et cela en y introduisant une plus ou moins grande longueur d'un fil mince d'argentane. L'intensité

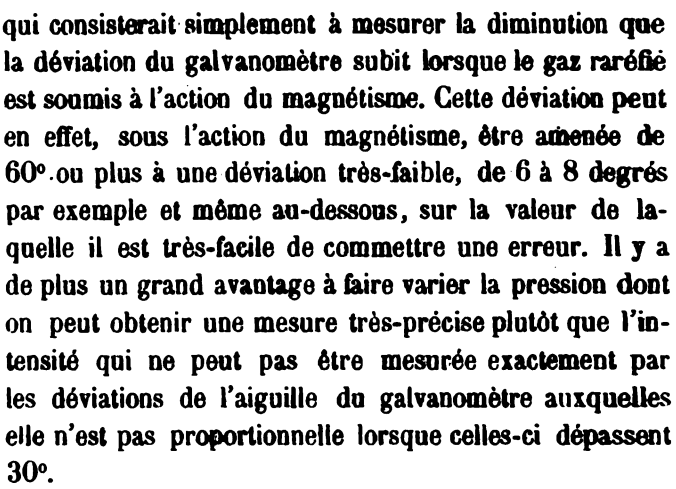
du courant induit traversant le gaz raréfié était mesurée à l'aide d'un galvanomètre très-sensible [1], et de l'appareil à sondes décrit par M. de la Rive dans ses recherches sur la décharge électrique dans les gaz raréfiés [2]. Enfin, comme la colonne gazeuse sur laquelle nous opérions était très-courte et ne suffisait pas, surtout dans le cas de l'hydrogène, pour éliminer le courant induit de faible tension donné par la bobine de Ruhmkorff, en même temps que le courant de forte tension de sens inverse, qui est celui dont on se sert dans l'expérience, nous introduisions dans le circuit induit un tube de Geissler cylindrique de 49 cent. de longueur, de 30^{mm} de diamètre et renfermant de l'hydrogène raréfié.

Pour mesurer l'influence du magnétisme sur la conductibilité électrique d'un gaz raréfié traversé par le courant d'induction, nous amenions chacun des trois différents gaz sur lesquels nous opérions, à une pression donnée, la même pour tous les trois, puis nous réglions l'intensité du courant inducteur de manière à avoir toujours dans chaque série d'expériences la même intensité du courant induit. Ayant ainsi au début de chaque expérience placé le gaz sur lequel nous opérions dans des conditions initiales identiques, nous aimantions, puis nous cherchions le degré de raréfaction auquel il fallait l'amener pour que, sous l'action du magnétisme, l'intensité du courant qui le traversait redevint la même qu'avant l'aimantation. Cette méthode est plus sensible que celle

[1] Ce galvanomètre était disposé dans une pièce voisine assez loin de l'électro-aimant pour que son aiguille ne pût pas être influencée par lui.

[2] *Archives des Sciences phys. et nat.*, Juillet 1860, tome XXVI, p. 177.





qui consisterait simplement à mesurer la diminution que la déviation du galvanomètre subit lorsque le gaz raréfié est soumis à l'action du magnétisme. Cette déviation peut en effet, sous l'action du magnétisme, être amenée de 60° ou plus à une déviation très-faible, de 6 à 8 degrés par exemple et même au-dessous, sur la valeur de laquelle il est très-facile de commettre une erreur. Il y a de plus un grand avantage à faire varier la pression dont on peut obtenir une mesure très-précise plutôt que l'intensité qui ne peut pas être mesurée exactement par les déviations de l'aiguille du galvanomètre auxquelles elle n'est pas proportionnelle lorsque celles-ci dépassent 30°.

Pour faire l'expérience, nous commencions par faire le vide dans tout le système, puis nous introduisions une première fois le gaz sec et pur sur lequel il s'agissait d'opérer ; nous faisions le vide de nouveau, nous réintroduisions le gaz, et cela deux ou trois fois de suite, de manière à chasser les gaz étrangers. En réglant ensuite les robinets de la pompe pneumatique convenablement, nous arrivions à régulariser parfaitement le jeu de cette pompe, et nous obtenions de la sorte, avec une grande exactitude, le degré de raréfaction voulu, 30^{mm} par exemple. A l'instant où cette pression était atteinte on fermait le robinet du tube de verre, puis l'on réglait l'intensité du courant inducteur de façon à obtenir la déviation voulue au galvanomètre. Cela étant, on aimantait et l'on faisait le vide graduellement dans le tube, jusqu'à ce que la déviation du galvanomètre fût redevenue exactement ce qu'elle était auparavant. On interrompait alors de nouveau la communication du tube de verre avec la pompe, on vérifiait encore que le cou-

rant induit avait bien repris exactement son intensité initiale; enfin, on faisait la lecture au manomètre qui était resté tout le temps de l'expérience en communication avec le tube de verre.

Au bout d'un certain temps, et après les avoir répétées quelques fois, l'on arrive à faire ces expériences avec une très-grande rapidité, tout en obtenant des résultats presque absolument concordants, pour un même gaz dans les mêmes conditions.

Nous avons exécuté plusieurs séries d'expériences comparatives avec l'air, l'hydrogène et l'acide carbonique aux pressions de 20^{mm}, 30^{mm} et 40^{mm}; nous nous bornerons à donner les résultats de quelques-unes, toutes du reste ayant parfaitement concordé entre elles.

Air atmosphérique.			Hydrogène.		
Dév. du galv.		Pression.	Dév. du galv.		Pression.
		mm			mm
30°	sans aimantation	20	30°	sans aimantation	20
	avec aimantation	6,64		avec aimantation	3,50
		6,56			2,90
		6,20			3,20
		6,58		Moyenne	3,20
	Moyenne	6,50			

On voit par ce tableau combien l'influence du magnétisme sur la conductibilité électrique d'un gaz traversé par le courant d'induction varie d'un gaz à l'autre. Les chiffres que nous venons de donner montrent que le magnétisme diminue beaucoup plus la conductibilité électrique de l'hydrogène que celle de l'air; cependant la contraction apparente du jet sous l'action du magnétisme est beaucoup moins forte dans l'hydrogène que dans l'air. On voit déjà par là que cette condensation du jet n'est pas la seule cause de cette augmentation de résistance et



qu'elle n'est même probablement pas la cause prépondérante.

Voici les résultats obtenus dans une série que nous choisissons entre beaucoup d'autres que nous avons faites sur les trois gaz en question :

Pression initiale des trois gaz : 30^{mm}
Déviation constante du galvanomètre : 30°.
Pression sous l'action de l'aimantation :

	Hydrogène.	Acide carbonique.	Air.
	mm	mm	mm
	7,30	10,60	13,70
	7,60	10,42	13,34
	7,60	10,55	—
Moyenne	7,50	10,52	13,52

Même résultat à 20^{mm}
Pression initiale des trois gaz : 20^{mm}
Déviation constante du galvanomètre : 30°
Pression sous l'action de l'aimantation :

Hydrogène.	Acide carbonique.	Air.
2,45	3,20	6,72
2,55	3,30	6,52
2,80	—	6,50
2,60	3,25	6,58

Même effet enfin à 40^{mm}; seulement à cette pression nous n'avons pas pu obtenir de résultats bien réguliers pour l'air, la décharge y étant trop discontinue.

Pression initiale des deux gaz : 40^{mm}
Déviation constante du galvanomètre : 30°
Pression sous l'action de l'aimantation :

	Hydrogène.	Acide carbonique.
	13,54	16,00
	13,60	16,24
Moyenne	13,57	16,12

On peut donc conclure de ces expériences multipliées que l'augmentation de résistance qui résulte pour un gaz de l'action du magnétisme, est d'autant plus considérable que la conductibilité électrique de ce gaz est plus grande. Nous avons vu en effet qu'elle est la plus considérable pour l'hydrogène qui a une très-grande conductibilité électrique, moins grande pour l'acide carbonique qui est sensiblement moins conducteur, la plus faible enfin pour l'air atmosphérique qui présente une résistance propre beaucoup plus grande que les deux gaz précédents. Comme nous l'avons déjà remarqué, la compressibilité ne paraît jouer qu'un rôle très-secondaire, si tant est qu'elle en joue un, dans cet ordre de phénomènes.

III. ***Action du magnétisme sur le jet électrique dans le cas où celui-ci est dirigé suivant la ligne qui joint les pôles magnétiques, soit axialement.***

L'action du magnétisme sur le jet électrique varie naturellement beaucoup avec la position que ce jet occupe relativement aux pôles de l'électro-aimant. Divers physiciens se sont occupés de ce sujet et ont considéré dans leurs recherches les cas les plus variés, mais nous ne croyons pas que le cas simple qui fait l'objet de ce paragraphe et qui présente comme on le verra un grand intérêt, ait déjà été étudié d'une manière particulière.

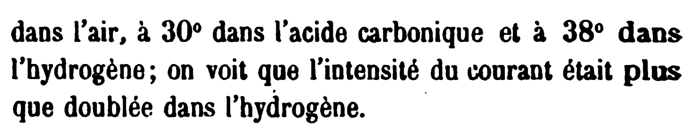
Le tube dans lequel nous transmettions la décharge électrique devait pouvoir être introduit par chacune de ses deux extrémités dans l'ouverture cylindrique percée dans les deux pièces de fer doux de l'électro-aimant. L'appareil dont nous nous sommes servis dans cette série d'expériences consistait donc en un tube de verre étroit pré-





sentant 22^{mm} de diamètre intérieur et 40 centimètres de longueur; le jet avait 20 centimètres de longueur. Aux deux extrémités de ce tube étaient mastiquées les deux électrodes formées chacune d'une tige en laiton terminée par une boule également en laiton. L'une de ces électrodes se prolongeait au dehors en une longue tige en laiton aboutissant à l'extrémité de l'ouverture cylindrique du fer doux, l'autre en un tuyau de plomb très-étroit et flexible, qui, traversant l'ouverture cylindrique du second fer doux, mettait le tube de verre en communication avec le manomètre et la pompe pneumatique. L'effet du magnétisme sur la décharge électrique disposée ainsi axialement varie avec l'écartement des pôles de l'aimant. Le cas le plus favorable nous a paru être avec notre appareil, celui où l'on avait une distance fixe de 10 centimètres entre les deux pôles, distance que nous avons maintenue dans toutes nos expériences. L'effet du magnétisme sur la résistance du gaz raréfié contenu dans le tube axial, aussi bien que sur l'apparence du jet électrique, varie également avec la position que les électrodes occupent par rapport aux pôles magnétiques; l'action du magnétisme sur la résistance atteint son maximum lorsque la boule servant d'électrode négative est au milieu de l'intervalle qui sépare les deux pôles magnétiques. L'influence du magnétisme sur la décharge axiale est très-faible aux pressions supérieures à 2 millimètres. L'aimantation apporte cependant déjà dans ce cas, une modification sensible à l'apparence du jet; celui-ci de discontinu et strié qu'il était, devient beaucoup plus continu ; il n'est pas possible cependant de constater encore un changement appréciable dans la résistance. A partir de 2 millimètres l'effet est beaucoup plus prononcé, et ici il nous faut distinguer deux positions principales du tube.

1re *position*. L'électrode négative se trouve au milieu de l'intervalle qui sépare les pôles magnétiques. Dès que l'on a amené le gaz à une pression inférieure à 2^{mm}, on observe, à l'instant où l'on aimante, une modification complète dans l'apparence de la décharge. L'extrémité du jet positif s'allonge en un dard qui s'applique contre la paroi du tube en se rapprochant de plus en plus de l'électrode négative, et finit, aux pressions les plus basses qu'on ait pu atteindre, par passer entre le tube et la boule négative pour se joindre en arrière de celle-ci à une gaîne bleue qui a remplacé l'auréole négative. Le changement apporté à la résistance est encore beaucoup plus remarquable que la modification subie par l'apparence du jet : dans ce cas, en effet, contrairement à ce qui aurait lieu dans le cas de la décharge transversale, la conductibilité électrique du gaz traversé par le jet électrique est *augmentée* sous l'influence du magnétisme. A une pression de 1^{mm}, par exemple, le galvanomètre placé dans le courant dérivé, et qui donnait une déviation de 30° lorsque l'électro-aimant n'agissait pas, marquait après l'aimantation 35° dans le cas de l'air, 38° dans le cas de l'acide carbonique et 40° dans le cas de l'hydrogène. On voit par là que la conductibilité électrique du gaz raréfié contenu dans le tube axial, est notablement augmentée par l'aimantation. L'on constate en même temps que cet effet n'est point le même dans les différents gaz. Il est maximum dans l'hydrogène, et minimum dans l'air ; l'ordre des trois gaz est le même ici que dans les expériences faites avec la décharge transversale. L'effet est d'autant plus marqué que la pression est plus faible ; à une pression de $\frac{1}{2}$ millimètre nous avons vu la déviation du galvanomètre passer par l'effet de l'aimantation de 15° à 26°



dans l'air, à 30° dans l'acide carbonique et à 38° dans l'hydrogène; on voit que l'intensité du courant était plus que doublée dans l'hydrogène.

2me *position*. L'électrode négative est dans le voisinage immédiat de l'un des pôles magnétiques. La modification apportée dans ce cas à l'apparence du jet électrique est beaucoup plus remarquable que dans le cas précédent; à mesure que la pression diminue au-dessous de 2mm l'enveloppe lumineuse qui entourait l'électrode négative s'allonge de plus en plus en empiétant sur l'espace obscur; aux pressions les plus basses que nous ayons pu atteindre, la partie négative du jet avait fini par former un tronc de cône très-allongé remplissant tout l'intervalle compris entre les deux électrodes, tandis que la partie positive avait été repoussée jusque dans l'intérieur du cylindre de fer doux. Dans cette seconde position du tube l'augmentation observée dans la conductibilité du gaz raréfié est un peu moindre que celle que l'on obtient dans la première position. En déplaçant lentement le tube on peut lui faire prendre toutes les positions comprises entre les deux auxquelles nous nous sommes particulièrement arrêtés. En partant de la seconde position on voit le cône lumineux négatif se raccourcir de plus en plus, puis céder la place au dard positif qui s'avance jusque derrière l'électrode négative. Le sens de l'aimantation est sans influence aussi bien sur l'augmentation de conductibilité que sur l'apparence du jet électrique.

M. de la Rive avait déjà signalé dans son travail sur le même sujet, que nous avons cité en tête de notre mémoire, un cas spécial dans lequel l'action du magnétisme lui avait paru augmenter la conductibilité électrique du gaz, au lieu de la diminuer. Ce cas était celui où la décharge

était transmise dans un tube en spirale placé d'une manière particulière entre les pôles de l'électro-aimant; mais il ne s'y était pas arrêté, renvoyant cette étude à un travail postérieur [1].

IV. *Action du magnétisme sur le jet électrique dans le cas où ce jet éprouve un mouvement de rotation continu autour du pôle de l'électro-aimant.*

Le mouvement de rotation qu'éprouve le jet peut, ou s'opérer dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'aimant qui produit la rotation, et c'est ce qui a lieu lorsque l'étincelle jaillit entre un anneau métallique perpendiculaire à l'axe de l'aimant et une électrode disposée en son centre sur la continuation de cet axe [2], ou avoir lieu verticalement autour de l'axe d'un petit cylindre de fer doux aimanté par son contact avec l'un des pôles d'un électro-aimant, et dont l'extrémité constituait l'une des électrodes.

Dans le premier cas, il n'y a aucune variation sensible de conductibilité dans le gaz, lorsque le jet est soumis à l'action du magnétisme et se met en mouvement par l'effet de cette action; cette conductibilité reste exactement ce qu'elle était quand le jet n'était pas soumis à l'influence de l'aimant et demeurait par conséquent en repos. Il en est de même quand, introduisant de la vapeur d'eau ou de la vapeur d'alcool dans le gaz raréfié, on obtient sous l'influence magnétique la division du jet, aupa-

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, décembre 1866, t. XXVII, p. 296.
[2] Dans ces expériences l'aimant était disposé en colonne verticale au lieu d'être en fer à cheval comme dans les précédentes.





ravant unique, en plusieurs jets semblables aux rayons d'une roue.

Avec la vapeur d'eau, le milieu est au même degré de tension, plus conducteur qu'il ne l'était avec le gaz sec; avec la vapeur d'alcool, il l'est moins dans les mêmes conditions; mais ni avec l'une ni avec l'autre de ces deux vapeurs, pas plus qu'avec le gaz sec, le magnétisme en déterminant la rotation du jet, n'influe sur la conductibilité électrique.

Il en est tout autrement lorsque le jet décrit autour de la tige de fer doux aimantée un cylindre dont l'axe est celui de cette tige. Dans ce cas, il y a une augmentation très-sensible de résistance à la conductibilité électrique quand le jet, au lieu d'être immobile, éprouve un mouvement de rotation par l'effet du magnétisme. Mais cette augmentation est sensiblement plus considérable quand c'est l'électricité positive qui part du sommet de la tige de fer doux que lorsque c'est la négative. Ainsi, dans le premier cas, nous avons vu la déviation du galvanomètre diminuer de 65° à 45°, tandis que, dans le second cas, elle ne diminuait que de 65 à °55°. Remarquons que dans le cas où la diminution de la résistance est la plus grande, la rotation du jet semble s'accomplir plus difficilement dans les mêmes conditions d'intensité de la décharge électrique, d'intensité du magnétisme, et de raréfaction du milieu gazeux qui est simplement l'air atmosphérique à 4 mill. de pression; non-seulement la rotation est beaucoup moins rapide, mais le jet lui-même, au lieu de rester vertical, prend dans sa rotation un position inclinée qu'on observe déjà à un certain degré dans l'autre cas, mais qui est beaucoup plus prononcée dans celui où la conductibilité est le plus diminuée.

Il semblerait donc que cette diminution de conductibilité correspond à la position forcée que le jet électrique est obligé de prendre sous l'influence de l'aimantation, dans le cas où il est naturellement vertical : tandis que, lorsqu'il est horizontal et qu'il tourne comme les aiguilles d'une montre, le magnétisme ne fait que lui imprimer un mouvement de rotation continu, sans altérer en rien sa forme, sa direction et son apparence.

Conclusions.

Il résulte des expériences décrites dans ce Mémoire :

1° Que l'action du magnétisme, quand elle ne s'exerce que sur une portion d'un jet électrique transmis à travers un gaz raréfié, détermine, dans cette portion, une augmentation de densité.

2° Que cette même action, quand elle s'exerce sur un jet électrique placé *équatorialement* entre les pôles d'un électro-aimant, produit dans le gaz raréfié dans lequel le jet se propage, une *augmentation* de résistance d'autant plus considérable que le gaz lui-même est plus conducteur.

3° Que cette même action détermine au contraire une *diminution* de résistance quand le jet est dirigé *axialement* entre les deux pôles magnétiques, cette diminution étant d'autant plus grande que le gaz lui-même est plus conducteur.

4° Que lorsque l'action du magnétisme consiste à imprimer un mouvement continu de rotation au jet électrique, cette action est sans influence sur la résistance à la conductibilité, si la rotation s'opère dans un plan



perpendiculaire à l'axe du cylindre de fer doux aimanté qui détermine la rotation, tandis qu'elle la diminue notablement si la rotation a lieu de manière que le jet électrique décrive un cylindre autour de l'axe de la tige.

5° Que ces différents effets ne paraissent pas pouvoir être attribués à des variations de densité produites sur le milieu gazeux par l'action du magnétisme, mais doivent trouver très-probablement leur explication dans les perturbations que cette action amène dans l'arrangement, soit la disposition des particules du gaz raréfié, nécessaire pour la propagation de l'électricité.

OBSERVATIONS

DE

PROTUBÉRANCES SOLAIRES

FAITES A ROME

A L'OBSERVATOIRE DU CAPITOLE

PAR

M. LE PROFESSEUR L. RESPIGHI.

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 20 avril 1871.

Les prévisions que nous émettions naguères [1], relativement aux travaux à espérer comme conséquences des découvertes faites après la grande éclipse de 1868, se réalisent de jour en jour, et le moment nous paraît venu de rendre compte des études spectroscopiques poursuivies à Rome par M. le professeur Respighi. Déjà, à trois reprises, il en a entretenu ses collègues de l'Académie *dei Lincei*, et son dernier Mémoire, en date du 4 décembre 1870, renferme un contingent considérable de faits nouveaux et méritant intérêt.

C'est le 25 octobre 1869 que ses observations ont commencé, avec le concours d'un excellent équatorial de Mertz de 4 $^1/_2$ pouces d'ouverture, auquel est adapté un spectroscope à vision directe de Hofmann. Le procédé

[1] *Archives*, Août 1869, tome XXXV, p. 257.

suivi pour les exécuter est celui indiqué par M. Zöllner, et basé sur la belle découverte de MM. Lockyer et Janssen. La fente du spectroscope est placée tangentiellement au bord du Soleil; en l'élargissant convenablement, on voit l'image des protubérances et le contour ondulé de la chromosphère ressortir distincts dans les raies noires du spectre solaire appartenant à la matière hydrogénée qui forme l'enveloppe rosée du Soleil. Tous les jours où le ciel a permis de voir le Soleil, des dessins ont été pris de ces apparences, fournissant des matériaux que des milliers d'années n'auraient pas suffi à produire, si l'observation avait été restreinte comme ci-devant aux seuls cas des éclipses totales.

Ces dessins, qui exigent une grande dextérité de main, accompagnent les mémoires présentés par leur auteur à l'Académie précitée, et peuvent donner à chacun l'idée de la singulière activité qui règne autour du Soleil. Nous ne pouvons pas les reproduire ici, mais nous chercherons à analyser la description dont il les fait suivre et les conclusions qu'il en déduit.

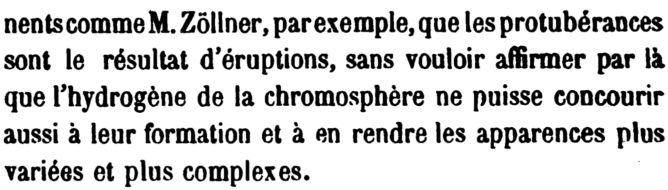
L'aspect général des protubérances, leurs formes si bizarres et si capricieuses, leur développement, leurs transformations, amènent indirectement à les considérer comme des éruptions gazeuses plus ou moins gigantesques, émanant du globe solaire. Il est vrai que quelques-unes prennent plutôt l'apparence de masses vaporeuses d'hydrogène amoncelées sous forme de cumulus ou d'amas nébuleux. Il est vrai aussi que la matière dont elles sont composées est la même que celle de la couche rosée qui entoure le Soleil. On pourrait donc les attribuer à des amoncellements ou à des soulèvements de cette couche gazeuse. Mais l'ensemble de leurs apparences ne

peut s'expliquer sans cette notion de jets violents, dont la base peut parfois ne pas être visible, dont les conséquences ultérieures peuvent produire l'effet de grands amas vaporeux, mais qui n'en existent pas moins réellement, variant de vitesse et de direction, de dimensions et d'écartement, formant souvent des groupes se confondant les uns avec les autres, en présentant les formes les plus fantastiques, et laissant parfois en suspension en dehors du disque solaire des masses analogues à de véritables nuages.

Pour qui a contemplé le développement des protubérances, surtout dans le voisinage des taches, il ne peut rester le moindre doute sur leur origine éruptive, les phases successives d'une véritable éruption étant trop accentuées et trop manifestes dans le phénomène. Le fait d'être composées des mêmes substances que la chromosphère, d'hydrogène surtout, ne prouve pas que les protubérances résultent d'accumulations de cette couche gazeuse elle-même. On ne peut se refuser à admettre l'existence de l'hydrogène en grande abondance dans la masse interne du Soleil. Ces éruptions peuvent fort bien être destinées à alimenter et maintenir cette enveloppe enflammée. Si l'hydrogène est l'élément principal jaillissant dans les protubérances, c'est que ses conditions de légèreté, de grande abondance, se trouvent éminemment propices à ces exhalaisons; toutefois, il peut fort bien ne pas exister seul dans leur composition. D'autres matières pourraient s'y rencontrer et être invisibles; leur constatation est d'ailleurs déjà un fait acquis à la science dans les observations actuelles, comme nous le verrons tout à l'heure.

Nous admettrons donc, avec plusieurs observateurs émi-





nents comme M. Zöllner, par exemple, que les protubérances sont le résultat d'éruptions, sans vouloir affirmer par là que l'hydrogène de la chromosphère ne puisse concourir aussi à leur formation et à en rendre les apparences plus variées et plus complexes.

Ces apparences sont très-diverses ; les dessins en font foi. On peut y reconnaître sept types principaux, dont cinq de jets isolés ou réunis, plus ou moins bien définis, minces ou larges, se ramifiant, s'entre-croisant, et deux de masses nébuleuses, irrégulières, appuyées au disque solaire, ou entièrement détachées.

Les jets déliés et bien définis se voient surtout dans les régions des taches, où ordinairement on les aperçoit surgir à travers la couche rosée sous la forme de filets très-lumineux, de longueur et d'inclinaison variables, tantôt rectilignes et s'émoussant à leur sommet, tantôt se recourbant en forme parabolique sur le disque du Soleil.

Les jets, réunis en groupes, se présentent aussi près des taches sous l'aspect de filets brillants plus ou moins rapprochés, tantôt parallèles, tantôt divergents. On en voit aussi ailleurs, mais ordinairement ils sont moins lumineux, et ils apparaissent volontiers alors comme des masses nébuleuses terminées en filaments plus ou moins bien définis.

Souvent les jets isolés ou groupés donnent naissance à des jets secondaires, très-fortement inclinés à la direction du jet principal et quelquefois d'une longueur extraordinaire. Dans leur partie supérieure, les jets ordinairement se dispersent ou se dissolvent en masses nébuleuses des formes les plus étranges, présentant l'apparence d'arcades ou de vraies forêts d'arbres.

Quant à leurs dimensions, elles oscillent entre des li-

mites fort étendues, depuis les jets les plus bas et les plus minces, jusqu'à des éruptions atteignant non moins de 20 diamètres terrestres, et à des masses nébuleuses capables de contenir quelques milliers de fois le volume de notre terre. Pendant l'année d'observations dont il est rendu compte, il s'est présenté plus de 700 protubérances dépassant 1 minute de hauteur, ou 3 diamètres terrestres; plusieurs au delà de 3', et quatre dépassant 6', soit le cinquième du diamètre du Soleil, ce qui suppose une longueur de près de 60000 lieues. Les dimensions sont aussi considérables dans le sens horizontal. Les plus grandes se développent à l'ordinaire dans le voisinage des taches; c'est là aussi qu'elles se produisent et qu'elles se dissipent le plus rapidement.

La surface extérieure de la couche rosée ou chromosphère est, on le sait, irrégulière, présentant des aspérités sous forme de filaments verticaux ou inclinés, de traits s'arrondissant en flocons nébuleux, ou d'ondulations pareilles à des chaînes de montagnes. La hauteur de la couche est variable, mais en faisant abstraction des irrégularités produites par les protubérances, elle ne dépasse guère 12". Son éclat est variable aussi dans les diverses parties des bords du Soleil, suivant les temps, et paraît surtout intense dans la région des taches.

Sur cette chromosphère, on remarque parfois des points ou traits plus brillants, qui se transforment souvent en jets de diverses espèces. Ces jets s'allongent, en demeurant compactes et bien définis, jusqu'à des hauteurs considérables, et fréquemment s'inclinent pour retomber vers le disque du Soleil, ou se ramifient, se dispersent en produisant des masses nébuleuses que nous appelons protubérances. Ce développement est quelque-



fois visible dans un temps très-restreint, surtout dans les régions des taches, tellement que l'œil a peine à suivre les métamorphoses du phénomène, et qu'un dessin, même approximatif, en devient impossible.

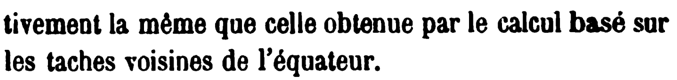
Ces éruptions violentes et passagères sont toutefois plutôt rares. Leur rapidité dans les phases ultérieures de leur dispersion est si grande, qu'on pourrait soupçonner les masses gazeuses, soumises à d'épouvantables détonations partielles. La vitesse de certains jets a pu être estimée atteindre 6, 7 et 800 kilomètres par seconde, dans le sens vertical, comme dans les sens latéraux. Il arrive même que des jets secondaires, ou des ramifications de jets se manifestent là où quelques instants auparavant il n'en existait pas trace. Ce phénomène induit à supposer qu'il n'est pas question ici de transports réels de masses d'hydrogène à ces immenses distances et avec des vitesses si extraordinaires, mais bien de traces lumineuses laissées dans des masses obscures d'hydrogène en suspension, par le passage de puissantes décharges électriques ou de gigantesques éclairs.

Quelque incontestable que soit l'action de la force de projection, résultant de l'énorme tension des gaz contenus dans le globe solaire, pour les faire jaillir en jets des diverses espèces décrites, elle ne suffit pas, en la combinant avec l'action de la pesanteur, pour rendre compte des phénomènes multiples de dispersion et de transformation des masses gazeuses protubérantielles. Il faut admettre, pour les expliquer, des forces autres et encore ignorées, de répulsion et d'attraction. L'électricité peut y jouer un rôle important. Mais, quelque probable que soit cette présomption, il est impossible d'en déterminer la loi dans l'état actuel des observations, non plus que l'in-

fluence de la résistance et des courants de l'atmosphère solaire.

De ce qui précède, on peut déjà induire que la durée des protubérances est très-inégale. Pendant que certaines d'entre elles se développent et disparaissent en peu d'instants, d'autres demeurent visibles pendant des temps prolongés, parfois pendant plusieurs jours. Celles qui sont le plus passagères et le plus sujettes à transformations, sont dans la région des taches; les grandes et promptes modifications subies par celles-ci, de même que leurs déplacements parfois si brusques, sont probablement en relation intime avec ces gigantesques éruptions.

Les protubérances les plus persistantes se rencontrent de préférence dans les régions plus calmes de la surface solaire, particulièrement près des pôles. C'est là qu'on peut les suivre le plus longtemps, tout au moins leurs sommités. Dans les latitudes inférieures, il peut aussi en exister de persistantes, conservant même leurs formes et leurs dimensions pendant des jours entiers; toutefois, leur durée moyenne ordinaire est moindre jusqu'aux latitudes de 50°. L'espoir de pouvoir se servir de leur réapparition pour calculer la durée de la rotation du Soleil ne s'est pas réalisé. Mais cette possibilité existe encore pour les protubérances voisines des pôles. Sans présumer que les protubérances correspondent à des centres d'éruption fixes, à de véritables volcans, il paraît plausible qu'elles sont plus stables que les taches, et, par conséquent, plus propres à fixer cette durée. Des recherches non encore définitives, basées sur des observations de protubérances à des latitudes supérieures à 70°, permettent de conclure que la rotation du Soleil est approxima-


tivement la même que celle obtenue par le calcul basé sur les taches voisines de l'équateur.

Le retard subi par les taches, proportionnellement à leur écartement de ce grand cercle, devrait donc être considéré comme effet du mouvement propre des taches, ou de courants locaux, en sens contraire à la rotation dans la couche superficielle où flottent les taches, ou sur laquelle elles sont empreintes. Ceci dit sous réserve de recherches ultérieures très-nécessaires pour élucider ce sujet délicat.

La répartition des protubérances autour du disque solaire n'est point uniforme. L'étendue qu'elles occupent atteint 10°, 20°, 30° de la circonférence suivant les époques, c'est-à-dire jusqu'à $^1/_{12}$ de sa longueur. Dans les régions polaires, jusqu'à une distance de 20°, elles sont très-rares et ne se manifestent que tout à fait exceptionnellement, quoique dans ces parages la couche rosée ne soit point à l'état de parfaite tranquillité.

Pendant la période d'observations 1869-1870, il s'est présenté un nombre de protubérances sensiblement plus grand dans l'hémisphère boréal que dans l'hémisphère austral; fait qui peut coïncider avec celui qu'ont constaté quelques astronomes d'une température plus élevée dans le premier hémisphère que dans le second.

Dans la zone de 20° au-dessus et au-dessous de l'équateur, les protubérances sont moins fréquentes et moins développées que dans les zones de latitudes plus élevées. Les grandes, c'est-à-dire celles qui dépassent 1', se présentent surtout dans les zones de l'hémisphère boréal comprises entre 10° et 20° et entre 60° et 70° de latitude. Entre 30° et 40° il y en a eu beaucoup moins. Dans l'hémisphère austral, la fréquence du phénomène est à

peu près constante dans la zone comprise entre 20° et 60° de latitude, décroissant ensuite rapidement en se rapprochant des pôles et de l'Équateur.

Des protubérances considérables se sont produites pendant l'automne dernier dans les latitudes supérieures de l'hémisphère boréal. Il n'est pas hors de propos de signaler ce fait, coïncidant avec une abondance insolite d'aurores boréales et de perturbations magnétiques à la surface de la terre.

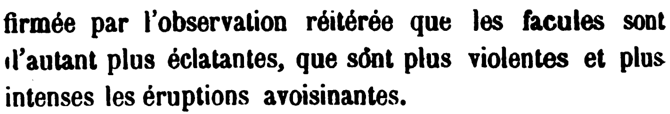
Il va sans dire que les résultats qui précèdent ne peuvent être considérés comme définitifs. Les moyennes à trouver devront être basées sur des observations beaucoup plus nombreuses. Il en est de même pour les questions de périodicité, qui ne sauraient être résolues d'ici à nombre d'années.

On peut en revanche établir dores et déjà quelques notions positives sur les relations existant entre les protubérances et les autres phénomènes solaires, facules et taches.

Habituellement les protubérances et les éruptions sont très-fréquentes et très-considérables dans le voisinage des facules, de telle sorte qu'on peut affirmer qu'il n'y a guère de facules sans protubérances, tandis que l'inverse peut se présenter. Les deux phénomènes, quoique coexistants, sont toutefois totalement distincts. Le fait de l'existence de protubérances dans le voisinage des pôles, où les facules ne se voient jamais, rend plus vraisemblable l'hypothèse que les facules sont une conséquence des éruptions solaires, par le fait desquelles peuvent se produire des condensations ou des amoncellements de matière lumineuse, photosphérique, constituant les points ou grains brillants de la surface solaire. Cette supposition est con-







firmée par l'observation réitérée que les facules sont d'autant plus éclatantes, que sont plus violentes et plus intenses les éruptions avoisinantes.

L'abondance des protubérances n'est pas le seul fait remarquable que présentent les régions des taches solaires.

La chromosphère est habituellement dans ces parages assez lumineuse, peu élevée et terminée à sa partie supérieure avec une surprenante régularité.

De cette couche, comme d'une vaste plaine, jaillissent de temps à autre des jets très-brillants et très-déliés, parfois verticaux, mais plus souvent inclinés, tantôt isolés, tantôt réunis en groupes ou faisceaux qui promptement se développent, promptement aussi se transforment et se dissolvent, après avoir revêtu des formes bizarres, jets rectilignes et bien définis, arcs paraboliques retombant sur le bord du disque solaire, ou masses nébuleuses demeurant quelquefois isolées, suspendues au-dessus de ce disque.

On voit parfois dans le voisinage du noyau des taches des masses nébuleuses très-lumineuses et compactes sur la base desquelles se projettent des traits obscurs, comme si dans ces endroits surgissaient réellement du bord du soleil des fumées noires

Lorsque les taches coïncident avec le bord du disque, tandis que tout autour d'elles apparaissent des jets très-intenses, sur le noyau même, la couche rosée est ordinairement si basse et régulière, qu'on pourrait soupçonner qu'elle n'existe pas, et on y constate dans quelques cas de véritables interruptions.

Les éruptions les plus voisines des taches sont celles qui produisent les plus gigantesques effets. Elles sont en

même temps de durée très-brève. Leur violence est telle, qu'elle leur donne quelquefois l'apparence d'éruptions ou de volcans d'éclairs, plutôt que de substances gazeuses.

Le caractère particulier de cette espèce de protubérances est de présenter la trace de matières autres que l'hydrogène, telles que le sodium, le magnésium, le fer à l'état de gaz incandescents. On avait la notion de l'existence de ces substances dans les protubérances, mais il n'avait pas encore été démontré que cette propriété appartient spécialement aux éruptions voisines des taches. Parmi les raies lumineuses qui se rencontrent dans le spectre du bord du Soleil et des protubérances à proximité des taches, deux se font constamment remarquer : l'une située entre les raies B et C de Frauenhofer, l'autre entre B et *a*. Ces deux raies ne coïncident avec aucune des raies noires du spectre solaire ni avec aucune de celles appartenant à un corps connu jusqu'ici à la surface de la terre. Elles sont d'une observation difficile, leur éclat étant rarement un peu vif et leur présence limitée plutôt à la partie inférieure de la couche rosée ou des protubérances.

L'existence de ces raies est un caractère inhérent aux protubérances voisines des taches d'une manière si marquée, si générale, que de la présence de ces raies on peut induire l'existence de taches près du bord solaire, lors même que ces taches ne sont pas visibles, et prévoir leur apparition imminente du côté oriental, lorsqu'elles sont encore cachées derrière le disque. La présence toujours simultanée des deux raies indiquerait qu'elles appartiennent à une même substance, qui se trouve dans les régions des taches avec l'hydrogène dans les conditions les

plus favorables aux éruptions, soit par le fait de sa légèreté, soit de son abondance.

Les autres raies brillantes observées dans les protubérances en question s'y présentent fréquemment, mais non pas d'une manière régulière et constante, et rarement elles se montrent toutes à la fois dans le même jet. Elles ne sont guère visibles qu'à la partie la plus rapprochée du disque et pour un temps limité.

Lors même que les parages des taches sont signalés par un état d'éruptions très-actives, il paraît régner sur leur emplacement même un état de calme relatif, soit par suite d'une absence totale de protubérances, soit par la présence de jets très-rares et de très-petites dimensions, avec la particularité d'une grande régularité dans la couche rosée.

Quant au fait d'une dépression accidentelle à l'endroit où le noyau d'une tache vient à contourner le bord du disque, fait sur lequel on s'est souvent appuyé pour affirmer la forme de cratère où d'entonnoir inhérente aux taches elles-mêmes, le spectroscope ne l'a jusqu'ici jamais constaté. Son emploi est pourtant éminemment apte à cet examen. Disposant la fente de l'instrument tangentiellement au disque, il est aisé par son moyen de discerner les plus petites déformations du bord de la photosphère. Cette prétention ne s'étend pas d'une manière absolue jusqu'à des appréciations de fractions de seconde, mais elle est applicable et concluante pour des dépressions qui auraient quelques secondes de profondeur.

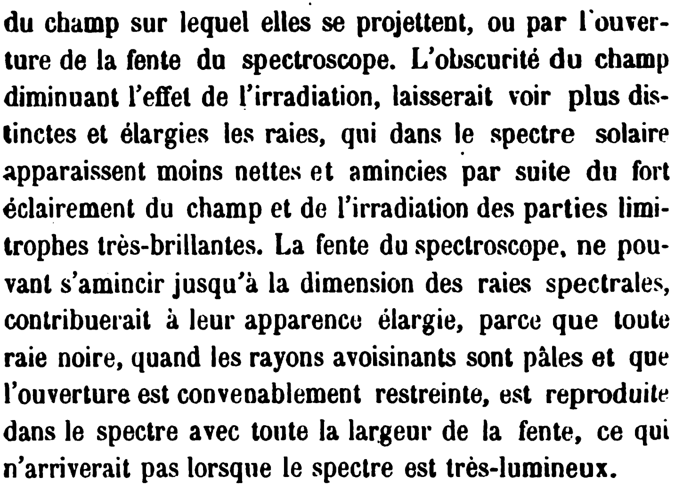
La fente du spectroscope dirigée sur un noyau de tache et surtout sur les régions avoisinantes permet souvent de reconnaître les raies brillantes des protubérances;



mais le phénomène n'est ni général, ni constant. Il est plus fréquent lorsque les noyaux sont près du bord du Soleil. Pour ceux qui sont situés dans les parties centrales, il arrive que les raies brillantes ne s'étendent pas à tout le noyau, mais seulement à une portion de sa surface. Les raies brillantes autres que celles des protubérances peuvent aussi y être observées. Leur présence ne prouve point que l'éruption des gaz correspondants ait lieu sur les noyaux mêmes. Toutes les observations tendent à démontrer que les jets surgissent presque constamment des alentours du noyau et que la tache elle-même n'est pas le résultat d'une éruption générale, comme quelques auteurs l'ont présumé.

L'obscurité de la teinte du noyau a aussi été attribuée à un effet de contraste plutôt qu'à une absence sinon totale, du moins très-notable d'éclat de cette partie centrale des taches. On s'est appuyé pour l'affirmer sur le degré beaucoup plus marqué de noirceur observée sur les planètes Vénus et Mercure, lors de leur passage sur le Soleil. Mais ce rapprochement n'est pas suffisamment probant, les planètes inférieures étant situées en dehors de l'atmosphère solaire, tandis que les taches sont vues au travers de cette atmosphère et doivent par conséquent être éclairées par sa lumière diffuse. Leur spectre n'est pas moins obscur que celui de l'enveloppe visible tout autour du disque, leur éclat ne doit donc pas être plus intense.

Cette obscurité paraît suffisante pour expliquer les modifications subies par les raies spectrales observées sur les noyaux des taches et y paraissant plus marquées, plus larges, parfois fumeuses et moins nettement terminées. Cet élargissement peut être produit par l'obscurité

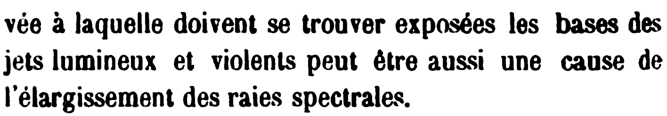

du champ sur lequel elles se projettent, ou par l'ouverture de la fente du spectroscope. L'obscurité du champ diminuant l'effet de l'irradiation, laisserait voir plus distinctes et élargies les raies, qui dans le spectre solaire apparaissent moins nettes et amincies par suite du fort éclairement du champ et de l'irradiation des parties limitrophes très-brillantes. La fente du spectroscope, ne pouvant s'amincir jusqu'à la dimension des raies spectrales, contribuerait à leur apparence élargie, parce que toute raie noire, quand les rayons avoisinants sont pâles et que l'ouverture est convenablement restreinte, est reproduite dans le spectre avec toute la largeur de la fente, ce qui n'arriverait pas lorsque le spectre est très-lumineux.

Il est probable que les raies obscures du spectre solaire sont produites, non par l'absorption des vapeurs des diverses substances diffuses de l'atmosphère solaire, mais par celle de couches gazeuses incandescentes de ces mêmes substances, situées immédiatement au-dessus de la photosphère et d'épaisseur assez faible comparée à celle de la chromosphère. D'où il suit que, sur le bord du disque, tandis que l'hydrogène se présente sur une zone assez étendue pour montrer les raies brillantes séparées de la lumière de la photosphère, la chose devient impossible pour les autres gaz, dont la zone visible est trop restreinte en présence de l'éblouissante mer lumineuse de la photosphère. La zone signalée par le P. Secchi, très-mince et à spectre continu, située au-dessous de la chromosphère, paraît être une confirmation de ce fait, vérifié en Espagne par le professeur Young lors de la dernière éclipse totale de décembre 1870.

Dans cette hypothèse les raies obscures observées sur le spectre du disque solaire pourraient être amincies et

affaiblies par les raies lumineuses correspondantes, émanant de la zone en question, pendant que ces effets seraient moins sensibles dans le spectre atmosphérique projeté sur les noyaux des taches où probablement ces raies lumineuses font ordinairement défaut. Il dépend peut-être de cette circonstance, que quelques substances qui, certainement, existent à l'état gazeux dans le Soleil, échappent à notre analyse en ne produisant pas les raies noires correspondantes dans le spectre; l'absorption de la lumière photosphérique se trouvant dans ces cas là compensée par l'intensité des raies lumineuses de la couche absorbante elle-même.

La théorie de la longueur des ondes lumineuses en rapport avec la vitesse de translation de la source de lumière n'a pas besoin d'être rappelée ici. On sait que de ses déplacements peuvent résulter des déplacements appréciables dans les raies spectrales, dans un sens ou dans l'autre, suivant que le mouvement a lieu vers l'observateur ou en sens inverse. Les variations, déplacements et déformations souvent constatés dans les raies spectrales de protubérances, même voisines, peuvent fort bien s'expliquer par les éruptions très-rapides, de direction, d'inclinaison et d'étendue très-diverses, qui se manifestent autour des taches. Il ne sera cependant pas toujours nécessaire de recourir à cet ordre de faits, pour rendre compte de ces phénomènes. L'intensité de la lumière des jets, le degré d'ouverture de la fente du spectroscope, sa position en dehors du foyer exact de l'instrument, l'état d'agitation ou de scintillation de l'atmosphère, la position de l'œil par rapport au diaphragme ou à l'axe de l'oculaire sont autant de circonstances pouvant avoir leur influence sur ces observations. La température excessivement éle-



vée à laquelle doivent se trouver exposées les bases des jets lumineux et violents peut être aussi une cause de l'élargissement des raies spectrales.

Les irrégularités subies par les raies C et F sont sûrement dues à l'influence des jets ou des protubérances, se produisant sur certaines parties du disque solaire, surtout près des taches. L'hydrogène provenant de ces éruptions reste quelquefois en suspension à de grandes hauteurs et pendant un temps prolongé, devenant invisible avant de retomber sur le Soleil, et formant ainsi de vrais nuages d'hydrogène obscur. Agissant alors comme milieux purement absorbants, ces nuages d'hydrogène peuvent fort bien renforcer et élargir les raies obscures précitées dans les parties sous-jacentes de la photosphère.

Inversément, s'il se trouve sous la fente du spectroscope une protubérance ou un jet très-lumineux, son éclat peut affaiblir, amincir ou voiler les raies obscures et même prévaloir sur elles de manière à les rendre brillantes, quand l'éclat du jet sera assez intense et le spectre de la photosphère assez diminné, comme le cas s'en présente près des taches ou dans leur pénombre.

Il y a là toute une série de causes à examiner avec grand soin avant de recourir, pour l'explication de ces phénomènes, à celle des changements de réfrangibilité ou aux déplacements des raies spectrales produits par le mouvement de la source lumineuse. C'est une question encore très-incertaine et complexe, et exigeant d'être traitée directement avant d'en pouvoir adopter le principe comme établi.

Les faits qui précèdent, ont conduit M. le professeur Respighi à exposer ses vues sur la constitution physique

du Soleil, telle qu'elle lui paraît ressortir des observations que nous venons de résumer.

Pour lui, les violentes éruptions, émanant d'un globe, dont la surface est régulière, bien définie, exigent que son enveloppe extérieure soit d'une certaine épaisseur et d'une densité convenable, et que dans son intérieur soient renfermés des gaz à une énorme tension. Il n'est donc pas possible de supposer cette enveloppe à l'état gazeux pour se rendre raison de la forme souvent nettement définie des jets. Son poids ou sa pression ne pourrait s'accorder alors avec la tension excessive des gaz à l'intérieur et l'effrayante rapidité des éruptions.

La température très-élevée, existant à la surface du Soleil ne permet pas de la supposer non plus sous forme d'une croûte solide; hypothèse rendue impossible d'ailleurs par l'état de mobilité où doit se trouver cette surface pour rendre compte des mouvements des facules et des taches.

La supposition d'une strate ou enveloppe liquide pourrait concilier toutes ces exigences. Elle comprimerait les gaz de l'intérieur suffisamment pour les réduire, malgré leur énorme température, à une densité supérieure et pour transformer le globe entier du Soleil en une espèce de masse liquide incandescente et quasi incompressible. Dans l'intérieur n'existe aucun équilibre stable: les gaz y sont irrégulièrement distribués et condensés, et cette hétérogénéité de la masse est sans doute la cause des éruptions ou des protubérances. On conçoit que dans certaines parties de cette fournaise, des amas de gaz surchauffés, émanant de l'intérieur et approchant plus ou moins rapidement de la surface du globe, rompent l'enveloppe qui fait obstacle à leur explosion et pro-

duisent les jets de toutes grandeurs et de toutes formes que nous avons décrits. Une voie de communication étant ainsi ouverte entre l'intérieur et l'extérieur du corps du Soleil, il pourra s'établir une espèce d'absorption, qui alimentera l'éruption et lui fera prendre les développements extraordinaires dont nous sommes témoins.

L'absence ou la rareté des grandes éruptions dans les régions polaires peut dériver de plus d'épaisseur ou de cohésion dans la couche liquide enveloppante. La plus grande durée des éruptions aux latitudes élevées pourrait dépendre de la même cause qui, ayant rendu plus difficile leur développement, en favorise ensuite la continuation en augmentant la difficulté de refermer l'ouverture produite. Le contraire aurait lieu dans les régions équatoriales.

Autour des taches et dans leur contour même, les jets gazeux sont ordinairement si bien définis, si intenses et si minces, qu'on pourrait présumer qu'ils sortent d'une matière ou d'une couche plus consistante et comme d'une espèce de croûte solide nageant sur la strate liquide qui forme l'enveloppe générale du Soleil.

Les phénomènes des protubérances ou éruptions solaires feraient donc conclure comme probable, que le corps du Soleil se compose d'une masse gazeuse à une température très-élevée, enveloppée et fortement comprimée par une couche liquide à l'état d'incandescence, dont la surface ou plutôt dont les strates superficielles constitueraient la photosphère ou la source principale de lumière et de chaleur rayonnante du Soleil.

Une objection sérieuse se présente contre l'existence de cette enveloppe à l'état liquide, aux yeux des physiciens qui ont admis pour valeur de la température du

Soleil les chiffres monstrueux de plusieurs millions de degrés. Sous une pareille intensité de chaleur, nos notions de chimie ne permettent guère de supposer les corps composant la masse du Soleil qu'à l'état de complète dissociation et par conséquent à l'état gazeux. Si l'on réfléchit toutefois sur le peu de solidité de cette évaluation, il paraît difficile de vouloir lui faire jouer un rôle trop important dans la réfutation de la théorie, basée sur les arguments et les observations qui précèdent. M. Respighi n'hésite pas à la considérer comme fort exagérée. Il donne les motifs de son rejet, mais nous ne pouvons les détailler ici.

Autour de la couche liquide, il admet la couche chromosphérique, aujourd'hui généralement reconnue, et à laquelle il attribue une épaisseur moyenne d'environ 9000 kilomètres. Elle peut recouvrir ou se mélanger avec d'autres atmosphères plus minces, composées d'autres gaz ou vapeurs, incandescents ou obscurs de diverses autres substances. La chromosphère exerce sur la lumière éclatante de la photosphère des absorptions électives en rapport avec les divers gaz, dont l'atmosphère solaire est composée et produit dans le spectre solaire ces interruptions dans les rayons lumineux que nous observons sous forme de raies obscures.

L'auréole ou couronne lumineuse entourant le disque du Soleil lors des éclipses totales n'est vraisemblablement point une illusion d'optique, et correspond à une atmosphère extérieure à la couche d'hydrogène enflammé, beaucoup plus étendue, s'étendant à environ six minutes de hauteur, formée d'une substance gazeuse obscure ou médiocrement lumineuse, et d'une très-faible densité.

L'atmosphère enflammée contribue puissamment à

maintenir à la surface du Soleil une température très-élevée, réparant les pertes considérables subies par le fait du rayonnement, et il est probable que ces éruptions solaires, si répandues sur toute son étendue, remplissent l'office d'apporter de l'intérieur du globe la dose énorme de chaleur nécessaire pour maintenir à la surface une température sensiblement constante. De cette manière, la constance de l'intensité du rayonnement du Soleil s'obtiendrait aux dépens de la température interne, dont les variations demeureraient insensibles à nos procédés d'appréciation et dont la diminution ne serait perceptible qu'au bout d'une longue suite de siècles.

La période d'observations des protubérances dont nous disposons est trop courte pour pouvoir induire une augmentation d'épaisseur dans la chromosphère comme conséquence des gaz dont elle est constamment grossie. Elle n'est pas vraisemblable; les divers gaz émis se combinent plutôt par l'effet inévitable de leur refroidissement, et contribuent à grossir l'enveloppe liquide du globe solaire.

On sait que la surface du Soleil, examinée avec de puissants instruments et dans de bonnes conditions atmosphériques se présente sous une apparence moutonnée, tachetée, couverte de granulations brillantes, que séparent des interstices relativement obscurs. Cette apparence très-visible dans les régions centrales du disque, s'évanouit complétement près des bords. Est-elle le résultat de réelles ondulations, de rugosités sur la surface solaire, et dans ce cas sont-ce les parties brillantes ou les parties pâles qui font saillie? C'est une question fort contestée.

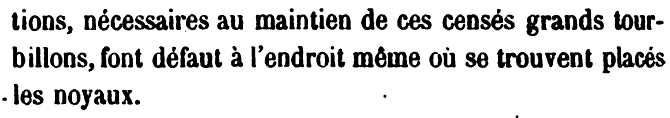
Le fait de la diminution bien constatée de l'éclat du

disque, en allant du centre à la circonférence, paraît s'opposer à l'adoption de la première alternative. Si les cimes des vagues lumineuses de la photosphère sont plus brillantes que leurs intervalles, le contraire serait observé, à moins d'attribuer à l'atmosphère solaire un pouvoir absorbant peu conciliable avec la densité très-faible, qui doit lui être assignée.

Dans l'une comme dans l'autre hypothèse ces aspérités ou inégalités de niveau de la surface doivent toutefois être restreintes dans de minimes proportions, comparées aux dimensions du rayon solaire. Lorsque ces granulations lumineuses prennent plus d'extension ou se réunissent en groupes plus ou moins irréguliers, elles forment ce que l'on est convenu d'appeler les facules, qui sont ordinairement accompagnées de protubérances ou de jets d'hydrogène plus ou moins considérables. Les ouvertures ou déchirures occasionnées dans la photosphère par ces éruptions doivent apparaître moins brillantes que les régions environnantes, et à leur endroit même il ne doit pas y avoir de facules. L'observation constate que les jets ou les protubérances avoisinent les facules, mais ne doivent pas être confondus avec elles. Les éruptions peuvent influer sur leurs formes, leur distribution, leur existence, mais non point leur être assimilées.

Les observations spectrales excluent, pour ce qui concerne les taches solaires, deux idées émises sur leur provenance et sur leur nature. Elles ne peuvent être la conséquence de nuages ou de masses vaporeuses, absorbant partiellement l'éclat de la photosphère; elles ne correspondent pas non plus à des enfoncements ou à des cratères dans la matière photosphérique, puisque les érup-





tions, nécessaires au maintien de ces censés grands tourbillons, font défaut à l'endroit même où se trouvent placés les noyaux.

L'examen du bord du Soleil prouve que les taches doivent être des modifications locales de la photosphère, des obscurcissements partiels de sa surface, toujours sujets à des transformations plus ou moins promptes et considérables. La grande activité et l'immense développement des éruptions dans le voisinage des taches font présumer une connexion, une influence réciproque entre les deux phénomènes.

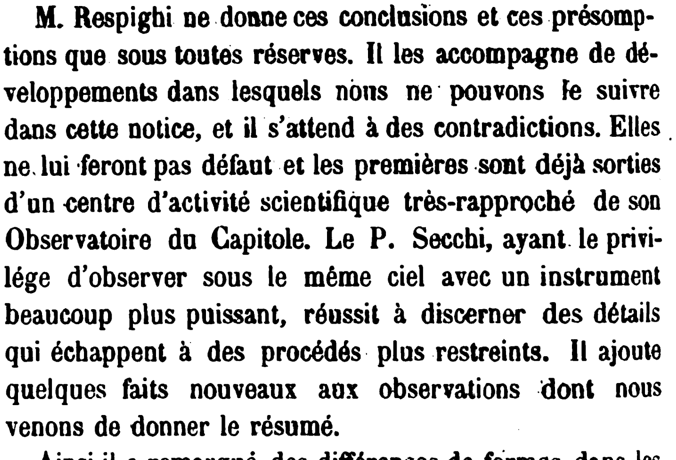
Quant à l'essence même des taches, quant à leur origine, leur formation et leurs vastes transformations, il y a grande difficulté, sinon impossibilité, à s'en rendre compte aujourd'hui. L'hypothèse qui les assimile à des écumes ou à des scories flottant sur la surface liquide incandescente du Soleil, est celle qui cadre le mieux avec les résultats des observations spectroscopiques. La photosphère présente, nous l'avons vu tout à l'heure, l'apparence de flocons très-lumineux sur un fond plus terne, ou de masses obscures sur un champ très-brillant. Si la première explication paraît plus conforme à l'effet visible, elle pourrait toutefois être une illusion, causée par l'irradiation des parties brillantes. L'observation minutieuse des granules ou traits obscurs de la photosphère peut faire soupçonner leur analogie avec des pores ou des rudiments de taches. Leur condensation ou leur amoncellement peut produire les effets fournis par les taches, qui naissent toujours, ainsi que les facules, dans les régions où l'activité éruptive de l'enveloppe solaire est la plus intense. Les jets projetés de l'intérieur de la masse arrivent à la surface avec une vitesse de rotation

inférieure à celle de l'endroit de leur émersion, et doivent ainsi nécessairement occasionner une résistance au mouvement des couches superficielles, qui y détermine des courants en sens inverse de celui du Soleil, et aussi une accumulation des matières obscurcissantes du côté postérieur des jets ou vers le bord oriental, et une dispersion ou une éclaircie du côté antérieur ou vers le bord occidental.

Il y a dans ces considérations des points d'analogie très-remarquables avec les idées émises naguère sur le même sujet par M. le professeur Spörer, le zélé investigateur des taches solaires. Nous en avons donné ici même un aperçu[1]. L'étude approfondie qu'il a faite des perturbations de leurs mouvements en longitude, parfois si considérables, suivant les parallèles où se rencontrent les taches, l'a amené à diminuer la portée de ces anomalies, en faisant entrer la naissance même des taches, leur production graduelle, comme cause efficiente des apparences de leurs déplacements. Cette même explication est encore plus efficace lorsqu'on suppose les taches se formant et nageant sur la surface même de la photosphère. Comme il est probable que dans leurs transformations successives les masses obscures vont en se condensant vers l'Est, et en se raréfiant vers l'Ouest, il arrivera que la tache s'accroîtra du côté de l'Est et diminuera du côté opposé. Leur transport sur la surface ne sera donc en réalité que partiel, et la vitesse apparente due en partie au renouvellement continu de la substance de la tache. L'explication n'est pas complète, la difficulté n'est pas définitivement résolue, mais elle est amoindrie.

[1] *Archives*, juillet 1868, tome XXXII, p. 190.





M. Respighi ne donne ces conclusions et ces présomptions que sous toutes réserves. Il les accompagne de développements dans lesquels nous ne pouvons le suivre dans cette notice, et il s'attend à des contradictions. Elles ne lui feront pas défaut et les premières sont déjà sorties d'un centre d'activité scientifique très-rapproché de son Observatoire du Capitole. Le P. Secchi, ayant le privilége d'observer sous le même ciel avec un instrument beaucoup plus puissant, réussit à discerner des détails qui échappent à des procédés plus restreints. Il ajoute quelques faits nouveaux aux observations dont nous venons de donner le résumé.

Ainsi il a remarqué des différences de formes dans les images de protubérances, suivant qu'on les observe dans la raie rouge ou dans la raie jaune. Cela ferait présumer l'existence d'une substance distincte de l'hydrogène. A l'extrémité de certaines pointes brillantes, observées sur les bords de protubérances, il a reconnu d'une manière très-précise des oscillations analogues à celles des flammes. Il a constaté sur le noyau des taches la présence de matières hydrogénées et de plusieurs autres vapeurs métalliques, ainsi que la déformation de quelques raies spectrales. Ces phénomènes confirment pour lui le fait que les variations spectrales observées ne sont pas le résultat de la projection des raies sur un fond plus ou moins obscur. Il ne croit pas aux interruptions de la chromosphère sur les noyaux des taches, non plus qu'à l'assimilation des jets protubérantiels à des éruptions de l'intérieur de la masse solaire.

Pour lui les facules sont des proéminences bien accusées sur la surface du soleil dépassant la couche inférieure plus dense de l'atmosphère solaire, échappant à son ab-

sorption et paraissant ainsi plus éclatantes. Elles deviendraient plus visibles près du bord, parce que cette absorption y est relativement plus considérable. Il va sans dire que, pour lui, les parties lumineuses, les grains brillants de la photosphère en sont les parties saillantes, comparables à d'innombrables flammes, en tout semblables, sauf les dimensions, aux facules[1].

La discussion sur ces points est ouverte dans la science et n'est pas près de se terminer, non plus que sur tant d'autres, encore mystérieux, relatifs à la constitution physique du Soleil. L'explication des taches donnée par M. Respighi est formellement rejetée par le P. Secchi, comme contraire aux progrès de la science moderne, Nous aurions été d'autant plus heureux d'apprendre les motifs de cette incompatibilité, que nous avons nous-même indiqué cette théorie comme probable[2], avant que les observations spectroscopiques de la chromosphère fussent venues lui donner un nouveau poids. Elle fut autrefois donnée par Galilée et son détrônement par la théorie d'Herschel ne fut certainement pas un progrès. Quoique bien persuadé du danger qu'il y a à s'attacher trop à une hypothèse, c'est avec une réelle satisfaction que nous avons vu M. Respighi et M. Zöllner[3] l'adopter comme vraisemblable. L'étude du Soleil a subi depuis dix ans une impulsion si extraordinaire, que les astronomes ont déjà souvent dû modifier radicalement leurs opinions à son égard. Toute conclusion absolue serait encore une

[1] Bollettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano, 28 février 31 mars 1871.

[2] *Archives*, novembre 1863, t. XVIII, p. 209; mars 1864, t. XIX, p. 265.

[3] Astronomische Nachrichten, n° 1835.



témérité, quoique des pas essentiels aient été faits dans la connaissance de ce mystérieux sujet. Du concours zélé de tous naîtront les lumières qui doivent peu à peu l'éclaircir. Les travaux de M. le professeur Respighi y prennent désormais une place des plus honorables.

EMILE GAUTIER.

P.-S. Nous joignons au résumé qui précède, pour ceux de nos lecteurs qui n'ont pas eu l'occasion de voir des dessins de protubérances, la représentation approximative de celles [illegible] observées le 25 avril dernier. La Pl. I, fig. 1 présente une forme très-fréquente de protubérances se terminant à l'extérieur par des masses nébuleuses peu brillantes. La fig. 2 nous montre un jet rectiligne, oblique et délié ayant produit un nuage assez étendu qui reste en suspension au-dessus de la chromosphère. La fig. 3 renferme les apparences successives qu'a fournies dans l'espace de vingt minutes un centre actif et brillant d'éruption. A deux reprises, *b* et *f*, un jet très-délié en est sorti, ressemblant à une gigantesque fusée, qui s'est séparée du foyer de l'éruption pour s'envoler dans l'espace en déviant vers l'ouest et s'éteignant ensuite, sans présenter la diffusion de matière ou l'épanouissement ordinaire en pareil cas.

E. G.

RECONNAISSANCES

GÉOLOGIQUES, MÉTÉOROLOGIQUES ET ARCHÉOLOGIQUES

DANS

LA PROVINCE DE CONSTANTINE.

Fragments d'une lettre de M. TISSOT, ingénieur des mines à M. le professeur E. DESOR.

Constantine, 7 janvier 1871.

Caractère géologique de la partie sud-est de la province de Constantine. — Pendant l'été de cette année, j'ai étudié la région qui s'étend entre la Tunisie, la subdivision de Bone, le Sahara et les régions que j'avais étudiées antérieurement. La géologie de cette région (cercles d'Aïn Baïda et de Tebessa) peut se résumer ainsi :

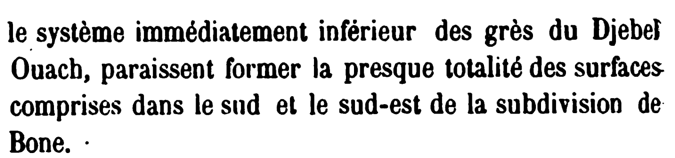
1° Des ballons formés par des calcaires crétacés inférieurs presque toujours incontestablement aptiens.

2° De grandes combes qui entourent ces ballons et qui sont généralement constituées par les terrains crétacés moyens.

3° Un crêt circonscrivant des plateaux occupés par les calcaires senoniens et suersoniens.

Les plateaux plus ou moins accidentés par des plissements d'importance secondaire et recouverts fréquemment par les couches miocènes à *Pecten numidus* et par





le système immédiatement inférieur des grès du Djebel Ouach, paraissent former la presque totalité des surfaces comprises dans le sud et le sud-est de la subdivision de Bone.

Sur tous ces terrains, et aux altitudes les plus variables, le terrain lacustre des environs de Constantine s'étend comme un revêtement ou enduit général blanchâtre et rougeâtre. Fréquemment il n'a plus qu'une épaisseur insignifiante, ne présente plus de stratification et n'est plus, en quelque sorte, qu'un ramassis de fragments plus ou moins émoussés, cimentés par un tuf calcaire tantôt solide, tantôt farineux; quelque chose enfin de tout à fait analogue à vos dépôts glaciaires où les boues et les limons auraient été remplacés par les tufs.

La continuité la plus complète permet d'établir que, sous cette forme, il est exactement le contemporain des dépôts lacustres des environs de Constantine.

Au sud du cercle de Tebessa on le voit reposer sur les couches à peu près verticales des dépôts lacustres du nord de Biskra, ce qui établit d'une façon incontestable que ces dépôts, malgré leur analogie, appartiennent à deux époques géologiques différentes.

Le dépôt lacustre des environs de Constantine présente immédiatement au sud de la Kabylie, des inclinaisons stratigraphiques très-fortes qui souvent atteignent presque la verticale; au contraire, lorsqu'on se rapproche du Sahara, on ne lui trouve jamais que des pentes de quelques degrés. Il est exactement prolongé par ce que j'ai appelé l'encroûtement diluvien dans les hauts plateaux sahariens du sud-ouest de la province, et par rapport aux couches lacustres du nord de Biskra, il paraît occuper une position identique à celle que les couches à *Cardium edule* occu-

peut dans le Sahara, sans toutefois qu'on puisse affirmer encore que ces deux systèmes de couches sont exactement contemporains.

De même le dépôt lacustre des environs de Constantine recouvre les marnes noires de la plaine de Djedjelly qui sont considérées comme pliocènes marines. Et cependant M. Bayle certifie que les marnes à lignite de Smendou, base de l'étage lacustre qui nous occupe, ont fourni des restes incontestables d'anthracothérium, qui jusqu'à présent ne se sont jamais trouvés que dans le miocène.

Or nos dépôts lacustres de Constantine sont séparés des couches à *Ostrea crassissima* d'une part par les 600 ou 800 mètres de couches arénacées du nord de Biskra, qui règnent de la Tunisie à la province d'Alger, et d'autre part par les marnes marines de Djedjelly; il n'est donc guère possible de les considérer comme miocènes.

Il faut conclure de là que si l'anthracothérium est spécial au miocène en Europe, il peut se trouver ailleurs dans d'autres étages, et d'une manière générale, que les règles qui président à la répartition des faunes dans l'Europe occidentale ne peuvent pas être légitimement étendues à l'ensemble du globe comme elles l'ont été par la plupart des géologues actuels.

Note additionnelle sur le percement de l'isthme de Gabes. — Dans ma première lettre sur ce sujet, je concluais du rapport intime qui existe en toute hypothèse entre la surface immergeable du Sahara et sa surface totale, que l'influence de l'isthme de Gabes et l'immersion qui en serait le résultat ne pourrait être qu'insignifiante sur le climat général, sur le climat de la Suisse et sur le climat de l'Algérie.

C'est sur une partie de ces conclusions que je veux

revenir aujourd'hui, parce qu'elles ne me paraissent pas complétement fondées.

Au point de vue du climat général et du climat des régions lointaines comme la Suisse, mes anciennes conclusions me paraissent devoir être maintenues ; il n'en est pas de même au point de vue de l'influence sur le climat local, sur le climat de l'Algérie.

Lorsque nous causions ensemble de cet objet, vous me disiez que sans doute on pourrait dessécher le lac de Neuchâtel, sans que cela ait une influence sensible sur le climat de l'ensemble des montagnes avoisinantes, et je crois que votre avis sous ce rapport était inattaquable ; mais peut-on en conclure que l'immersion du chott Melg'hrir, ou d'une étendue comparable, serait sans influence sur le climat du Tell algérien ? Je ne le crois pas. Les conditions ne sont plus du tout les mêmes. Le lac de Neuchâtel est une surface d'évaporation de petite étendue, située au milieu d'une masse considérable de montagnes qui fonctionnent comme condenseur à la fois par rapport à lui et par rapport à l'ensemble de l'atmosphère. En un point quelconque, la condensation totale se compose de l'apport fourni par le lac, lequel se repartit sur toute la masse des montagnes et qui est très-faible en chaque point, et en outre de l'apport fourni par l'ensemble de l'atmosphère qui est de beaucoup la partie la plus importante. C'est pour cela que la dessication du lac n'aurait pas d'influence sensible sur le climat de l'ensemble du massif montagneux.

Mais voyez combien ces conditions sont différentes de ce qui se passerait entre le chott Melg'hir et le Tell algérien.

La surface du chott est petite par rapport à l'ensemble

du Tell et de l'Atlas algériens, mais n'est nullement négligeable; l'évaporation de ce chott pendant un jour d'été serait considérable. Les montagnes du Tell placées immédiatement sous le vent, constituent le seul condenseur pour ces vapeurs qui n'iront plus comme pour le lac de Neuchâtel se répartir dans toutes les directions sur des masses montagneuses énormément plus étendues que le lac, mais qui, apportées par les vents dominant toujours dans cette même direction, viendraient se condenser sur l'Aurès.

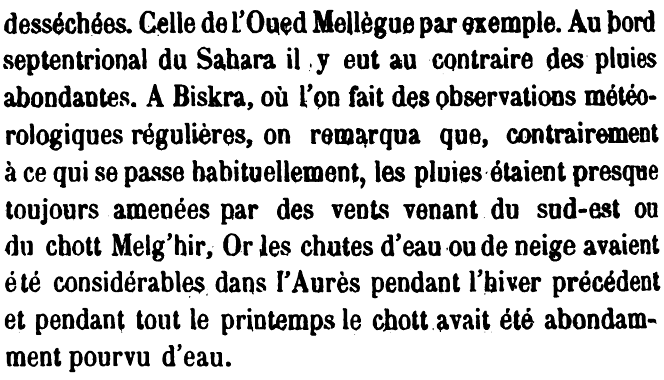
Enfin, dans ces dernières montagnes, l'apport de l'ensemble de l'atmosphère est relativement faible, beaucoup plus faible qu'il ne l'est dans les montagnes de la Suisse.

En somme, si une surface comme celle du chott Mel-g'hir, comparable comme étendue aux régions culminantes de l'Altlas algérien, venait à être immergée, la condensation des vapeurs provenant de cette surface se ferait presque exclusivement dans les montagnes de notre Tell, notamment dans l'Aurès; elle aurait très-peu d'influence sur le climat des régions lointaines, mais pourrait avoir une influence excessivement sensible sur le climat du Tell de la province de Constantine.

Ce n'est en quelque sorte que pour mémoire que je reviens sur cette question : l'étude de problèmes de ce genre ne saurait malheureusement avoir aucune portée pratique en ce moment, grâce à la lutte inouïe qui détruit l'épargne de notre civilisation.

Je ne veux cependant pas terminer sans vous dire quelques mots des circonstances que m'ont suggéré les observations précédentes.

Pendant le printemps de l'année 1870 certaines régions du centre de la province de Constantine furent



desséchées. Celle de l'Oued Mellègue par exemple. Au bord septentrional du Sahara il y eut au contraire des pluies abondantes. A Biskra, où l'on fait des observations météorologiques régulières, on remarqua que, contrairement à ce qui se passe habituellement, les pluies étaient presque toujours amenées par des vents venant du sud-est ou du chott Melg'hir. Or les chutes d'eau ou de neige avaient été considérables dans l'Aurès pendant l'hiver précédent et pendant tout le printemps le chott avait été abondamment pourvu d'eau.

Archéologie. — Les monuments mégalithiques sont rares dans la région que j'ai étudiée cette année. J'en ai vu cependant quelques-uns dans le Cherchar, aux environs de Tébessa et aux environs de Souk-Arras. Mais ce qui m'a frappé, c'est que dans ces régions je ne les a jamais vus réunis en groupes considérables comme ceux du Guerioun, du Bou Merzoug et du Dj. Oum Setas dont j'ai déjà eu occasion de vous entretenir ; en outre, ils sont en général beaucoup moins bien conservés.

En revanche, les plateaux méridionaux du cercle de Tébessa, qui sont actuellement déserts et complétement inhabitables pendant l'été, par suite du manque d'eau, sont très-riches en ruines romaines qui ont un caractère architectural assez relevé.

Le pied nord du Dj. Fououa (voir la carte au $^1/_{400000}$ du dépôt de la guerre), entre autres, est plus richement garni de ruines que les régions qui bordent le pied septentrional de l'Aurès. Et cependant il n'y a pas d'eau potable dans ces régions ; en hiver on y trouve des flaques d'eau résultant des pluies, ce que les Arabes appellent des Redirs ; mais, pendant la saison chaude, il n'y a pas d'eau du tout.

Lorsque j'ai visité ce pays, au mois de mai 1870, la sécheresse avait déjà forcé la tribu des Nemenchas à rentrer dans ses campements d'été, à 50 ou 60 kil. de la frontière tunisienne, et j'étais obligé de faire des journées de dix-huit à vingt heures de marche pour visiter ce pays désert, au delà duquel se trouvait la tribu farouche des Hammama. Il me fallait emporter un peu d'eau pour ma consommation et celle des hommes qui m'accompagnaient, et pendant les dix-huit ou vingt heures que duraient nos marches, aller et retour, nos chevaux n'avaient ni à boire ni à manger.

Lorsqu'on a parcouru ces régions, il n'est plus possible de ne pas reconnaître que leur régime météorologique et hydrographique a dû subir une transformation radicale, depuis le temps où elles étaient habitées par les constructeurs et les hôtes des magnifiques ruines qu'on y trouve. Il paraît manifeste, en effet, que ces ruines étaient les demeures d'une classe privilégiée autour de laquelle devaient se grouper de nombreuses populations domestiques ou rurales. Actuellement une pareille population mourrait de soif dans ce pays.



BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

J. NORMAN LOCKYER. ECLIPSE DE 1870.

Le résultat capital de la grande éclipse de 1868 a surtout consisté dans les immenses progrès accomplis dans l'étude de l'enveloppe rosée du Soleil et de ses protubérances. L'objectif principal de l'éclipse de 1870 devait être la couronne lumineuse, beaucoup plus anciennement signalée dans la science, mais encore totalement inconnue, quant à sa nature, quant à son essence même. Malgré les inconvénients résultant d'un ciel peu propice aux observations, les faits acquis pendant cette éclipse sont toutefois importants. Voici comment ils sont appréciés par M. Lockyer, d'après les premiers documents qui lui sont parvenus.

La couche fournissant des raies brillantes, enveloppant la photosphère, et à laquelle il a donné le nom de chromosphère, n'est pas vue complétement par la méthode spectroscopique aujourd'hui en usage, en dehors des éclipses totales. Ce procédé ne nous en montre qu'une portion; les protubérances brillantes qui en émanent prouvent qu'il y a probablement une couche enveloppante d'hydrogène moins chaude et susceptible d'être rendue visible au-dessus du niveau général. Et comme ces protubérances atteignent cinq minutes de hauteur et au delà, il n'est pas déraisonnable de présumer que la chromosphère s'étende à cette distance ou davantage encore.

Le principal but à atteindre, pour les observateurs de l'éclipse, était de s'assurer s'il est possible de distinguer les faisceaux lumineux irréguliers, les panaches de la couronne, d'une couche générale entourant le Soleil, haute de 5 à 6', et pouvant être la limite de ses enveloppes gazeuses autour de la photosphère.

Le spectroscope, le polariscope et la vision directe pouvaient servir à la fois de procédés d'investigation; mais le

problème se trouve fort compliqué par le fait que les régions circumsolaires peuvent nous envoyer leur lumière propre, ou la lumière réfléchie du Soleil, et que leurs apparences peuvent être influencées par des réflexions ou des réfractions dans l'atmosphère terrestre. Le phénomène, éminemment complexe, peut être plus ou moins solaire, atmosphérique ou subjectif, et les étonnantes diversités de croquis obtenus par des observateurs même très-rapprochés, pourraient faire douter de la possibilité d'arriver à une conclusion à cet égard.

Il est avéré, toutefois, qu'il se compose d'un anneau de 5' à 6' de largeur entourant le disque occultant de la lune et vu de même par tous les observateurs. Au delà se trouve encore de la lumière que quelques-uns ont vue sous une forme et d'autres sous une autre : tantôt irradiante avec de nombreux rayons, tantôt avec peu, tantôt à l'état de repos, tantôt à l'état de grande agitation.

La partie rayonnante a paru, à plusieurs, plus développée au-dessus des protubérances, et quelques-uns ont constaté que dans ces régions elle était rosée, fait confirmant l'impression éprouvée par eux, que cette portion du phénomène est d'origine terrestre. En effet, sur le Soleil, l'hydrogène qui cause cette teinte est incapable de colorer quoi que ce soit, son éclat étant absorbé par celui de la photosphère. Rien ne serait plus naturel, en revanche, que d'attribuer à la lumière des protubérances la teinte qui, dans sa propre atmosphère, s'étend sur tout ce qui est éclairé par rayonnement.

Il y a, nous l'avons dit, les plus curieuses divergences dans les dessins exécutés par des observateurs, cependant très-rapprochés. Elles feraient croire à une influence considérable de l'élément subjectif, dans l'appréciation de la partie extérieure du phénomène, si des épreuves photographiques fort bien réussies ne venaient pas confirmer cette bizarre diversité.

Une discordance étrange s'est manifestée aussi entre les observations spectroscopiques faites en Sicile et en Espagne.

Une ligne verte près de E a été vue à Agosta avec une fente dirigée tangentiellement au disque. Cette raie, sans doute la même que celle vue en 1869 par les astronomes américains, a été vue en Espagne, à 8′ du bord du Soleil. A Syracuse, cette raie a été vue dans toutes les parties de la couronne jusqu'à 10′ du Soleil, et, dans plusieurs endroits du phénomène, on a aussi constaté un spectre complet d'hydrogène. M. Lockyer y voit autant de preuves de l'origine terrestre de cette partie de la couronne, en rapprochant ces observations du fait que le disque obscur de la Lune donnait identiquement le même spectre.

De ces observations, il conclut que l'on peut considérer la chromosphère, étendue ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, comme composée de couches successives, classées dans l'ordre des densités des vapeurs dans le cas d'éléments connus. Il y aurait extérieurement un élément nouveau correspondant à la raie verte de la couronne; puis de l'hydrogène sub-incandescent; de l'hydrogène incandescent; un second élément nouveau, correspondant à une raie près de D; du magnésium (raies *b* et autres dans le bleu et le violet); du sodium (raie D), du barium, du fer, etc.

Enfin, d'observations faites en Sicile, démontrant la polarisation de la couronne dans le sens radial, il croit pouvoir induire que la couronne non-seulement rayonne de la lumière, mais encore en réfléchit vers nous; et la lumière blanche de la chromosphère telle qu'elle est vue pendant une éclipse au-dessus des protubérances serait le résultat d'une forte réflexion de lumière solaire.

Ces conclusions de M. Lockyer sont contestées dans un ouvrage sur le Soleil, que vient de publier M. Richard A. Proctor [1], et dans lequel il assigne une origine météorique à la partie externe de la couronne. La lumière qui en provient serait due à la réflexion produite par d'innombrables corpuscules dont on a constaté la présence en si grande abondance autour du Soleil.

[1] The Sun ruler, fire, light and life of the Planetary System. London, 1871.

PHYSIQUE.

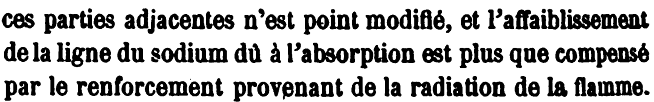
A. WEINHOLD. — ZUR UMKEHRUNG... SUR LE RENVERSEMENT DE LA RAIE DU SODIUM. (*Poggendorffs Annalen*, 1871, n° 2.)

Le procédé ordinaire pour observer le renversement de la ligne spectrale du sodium, consiste à interposer une flamme peu éclairante contenant de la vapeur de sodium entre un corps fortement incandescent et la fente d'un spectroscope. Ce procédé exige que la lumière émise par le corps incandescent ait un grand éclat, pour que les rayons absorbés par la vapeur sodique soient considérablement plus intenses que ceux qu'elle émet elle-même, de telle sorte que la ligne du sodium devienne notablement moins lumineuse que les parties adjacentes du spectre.

On comprend qu'il serait plus facile de produire ce renversement si l'on parvenait à augmenter l'éclat des parties du spectre voisines de la ligne du sodium dans la même proportion que l'éclat de la ligne du sodium est augmenté par la lumière émise par la vapeur du sodium elle-même.

C'est ce qu'il est très-facile de réaliser. On place une petite lampe à pétrole devant la fente d'un petit spectroscope formé seulement du tube qui porte la fente (sans lentille) et d'un prisme très-dispersif, et l'on dispose entre le prisme et l'œil une flamme d'esprit-de-vin fortement colorée par du sel marin et recouvrant tout le spectre. — On aperçoit immédiatement la ligne noire du sodium bien marquée, tandis que si l'on place la flamme d'esprit-de-vin entre la lampe à pétrole et la fente, la ligne du sodium apparaît très-brillante.

Dans la première position de la flamme d'esprit-de-vin, en effet, tout le spectre est éclairé par la lumière jaune émise par cette flamme, ce qui augmente d'autant la diminution d'éclat de la ligne du sodium due à l'absorption, relativement aux parties adjacentes du spectre. Au contraire, quand la flamme sodique est placée au-devant de la fente, l'éclat de


ces parties adjacentes n'est point modifié, et l'affaiblissement de la ligne du sodium dû à l'absorption est plus que compensé par le renforcement provenant de la radiation de la flamme.

Si l'on se borne à frotter la mèche de la lampe avec du sel marin, ce n'est que pendant quelques secondes que la flamme est assez colorée pour produire nettement le renversement. Il est préférable, avant de remplir la lampe d'esprit-de-vin, d'y introduire un peu d'eau saturée de sel. Pour que la ligne du sodium soit bien noire, il convient aussi de frotter de temps en temps la mèche avec les doigts.

Il y a une petite difficulté pour les personnes qui ont la vue basse, à obtenir l'accommodation convenable pour la fente et non pour la flamme sodique. On la rend plus facile en plaçant devant la fente un fil tendu transversalement produisant une ligne horizontale dans toute l'étendue du spectre qui aide à l'ajustement.

L'emploi d'un spectroscope muni de lunettes ne m'a donné aucun résultat satisfaisant; on ne peut pas placer la flamme entre l'oculaire et l'œil, parce qu'il y a trop peu de distance disponible; et entre le prisme et l'objectif, elle rend l'image confuse par les courants d'air qui se produisent. — Il n'était pas possible avec mon appareil de l'introduire par une ouverture que l'on aurait pratiquée soit dans le tube portant la fente derrière celle-ci, soit dans le tube de la lunette entre l'objectif et l'oculaire.

Observation sur la note précédente par M. J.-L. Soret.

Dans un cours que j'ai fait cet hiver j'ai employé, pour montrer le renversement de la ligne du sodium, un procédé très-analogue à celui qu'a décrit M. Weinhold. Je me suis servi dans ce but d'un spectroscope à vision directe d'Hofmann. Je séparai du reste de l'instrument le tube portant la fente et la lentille collimatrice, et je le fixais sur un support de nière à ce qu'il fut écarté de 15 ou 20 centimètres des

prismes. Je plaçai la flamme sodique dans cet intervalle, et on observait le spectre avec la lunette ordinaire.

J'ai ainsi obtenu facilement le renversement de la ligne du sodium en employant une lampe ordinaire à huile (modérateur) comme source de la lumière et une flamme d'alcool salé. Je l'ai obtenu également avec la lumière oxy-hydrique et un bec de gaz de Bunsen dans lequel j'introduisais du sel avec un fil de platine.

On atteindrait peut-être encore mieux le but en remplaçant la lentille collimatrice qui consiste habituellement en une seule lentille convergente, par un système formé d'une première lentille très-convergente et d'une seconde lentille concave, placées à une certaine distance l'une de l'autre et combinées de manière à rendre parallèles après leur passage au travers des deux lentilles les rayons provenant de la fente. La flamme sodique devrait alors être placée entre ces deux lentilles. Il me semble en effet que dans cette disposition les rayons émis par la flamme de sodium rendus plus divergents par la lentille concave, donneraient moins de lumière, et que le champ sur lequel se détache le spectre serait moins fortement lavé de jaune. — J'ai bien tenté quelques essais en ce sens, mais je n'ai pas eu le loisir de les pousser assez loin pour m'assurer si ce procédé présenterait réellement un avantage.

SCHULTZ-SELLACK. UEBER DEN ZUSAMMENHANG.... SUR LA DÉPENDANCE DE L'ABSORPTION OPTIQUE ET CHIMIQUE DE LA LUMIÈRE PAR LES COMBINAISONS HALOIDES DE L'ARGENT. (*Monatsberichte der Academie zu Berlin*, février 1871.)

M. Draper a montré que les espèces de rayons lumineux qui exercent une action chimique sont absorbés par la substance sur laquelle ils agissent. Mais il n'y aurait rien d'impossible à ce que l'inverse ne fût pas vraie et que ces mêmes substances absorbassent des radiations qui n'exerceraient pas d'action chimique.

M. Schultz-Sellack a trouvé qu'il n'en est pas ainsi pour les combinaisons haloïdes de l'argent, lesquelles peuvent être obtenues par fusion en lames transparentes : toutes les couleurs, qui sous une épaisseur de quelques millimètres sont optiquement absorbées d'une manière sensible par ces corps, en produisent en même temps la décomposition. Cependant il n'y a pas proportionnalité entre les deux actions: ainsi la lumière voisine de la ligne G du spectre est faiblement absorbée au point de vue optique, et cependant c'est celle qui agit photographiquement avec le plus d'énergie.

L'auteur donne de nombreux détails sur l'absorption des divers rayons par l'iodure, le bromure et le chlorure d'argent comparativement avec l'action chimique exercée.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

William B. Carpenter. On the temperature, etc. Sur la température et la vie animale dans les grandes profondeurs de la mer. (*Royal Institution of Great Britain*, Febr. 11, 1870.) — Le même. The deap Sea : Les profondeurs de la mer. (*The student and intellectual Observer*, July 1870, p. 225-250 et Oct. 1870, p. 337-367.) — Wyville Thomson. On the depths, etc. Sur les profondeurs de la mer. (*Ann. and Mag. of nat. History*, 1867, vol. IV, p. 121.) — Ernst Hæckel, Beitræge, etc. Contribution a la théorie des plastides. (*Jenaische Zeitschrift*, Bd. V, Heft 3.) — Alex. Agassiz. Preliminary Report, etc. Rapport préliminaire sur les Echinides et les étoiles de mer draguées dans les profondeurs de la mer entre Cuba et le récif de Floride, par L.-F. de Pourtalès. (*Bulletin of the Museum of comparat. Zoology*, Nov. 1869, p. 253-308.) — Theod. Lyman. Preliminary Report, etc. Rapport préliminaire sur les Ophiurides et les Astrophytons dragués dans les profondeurs de la mer entre Cuba et le récif de Floride, par L.-F. de Pourtalès

(Ibid. p. 309.) — L. F. de POURTALÈS, LIST, etc. LISTES DE CRINOÏDES ET D'HOLOTHURIES RECUEILLIS DANS LES DRAGUAGES A GRANDES PROFONDEURS par la COAST SURVEY DES ÉTATS-UNIS. (Ibid. p. 340-362.) — L. AGASSIZ. REPORT, etc. RAPPORT SUR LES DRAGUAGES A GRANDE PROFONDEUR DANS LE GULF-STREAM DURANT LA TROISIÈME CROISIÈRE DU STEAMER « BIBB. » (*Ibid.* p. 363-386). — G.-O. SARS : NYE DYBVAND CRUSTACEER, etc. NOUVEAUX CRUSTACÉS VIVANT A DE GRANDES PROFONDEURS DANS LES LOFADES. (*Vidensk. Selskabets Forhandlinger*, Christiania, for 1869). — LE MÊME. RECHERCHES SUR LA FAUNE MARINE PROFONDE DU FJORD DE CHRISTIANIA, FAITES DURANT UN VOYAGE ZOOLOGIQUE DANS L'ÉTÉ DE 1868. (*Undersögelser over Christiania-fjordens Dybvandsfauna, anstittide paa en i Sommeren 1868 foretagen zoologisk Reise.* — Christiania, Dahl, 1869, br. 8°.)

Depuis notre publication dans ces *Archives*[1] d'une revue des principaux travaux relatifs aux sondages faits à de grandes profondeurs dans diverses mers, de nombreuses recherches ont été entreprises sur le même sujet. Nous pensons donc bien faire de compléter aujourd'hui notre premier article par un second.

Commençons par les explorations anglaises. On peut dire qu'elles doivent leur origine aux succès qui couronnèrent les draguages à de grandes profondeurs opérés aux Lofods et sur d'autres points de la côte de Norwége par M. Georges Ossian Sars, agissant comme inspecteur officiel des pêcheries. Ce sont ces succès qui poussèrent M. Wyville Thomson à faire les démarches nécessaires auprès du gouvernement britannique dans le but d'obtenir les moyens de faire des recherches analogues. Ces démarches conduisirent à l'expédition du « Lightning » dont nous avons précédemment rendu compte. Une seconde expédition fut résolue au prin-

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.* 1869, t. XXXV, p. 321.


temps de l'année 1869 et l'Amirauté désigna à cet effet le steamer *Porcupina*, muni de tous les engins nécessaires.

L'expédition du *Porcupina* fut divisée en trois croisières. La première, placée sous la direction scientifique de M. Groyn Jeffreys et accompagnée par M. W. L. Carpenter comme chimiste, commença à Galway vers la fin de mai et se termina à Belfast, au commencement de juillet. Elle fut d'abord dirigée vers le sud-est, puis vers l'ouest et enfin vers le nord-ouest jusqu'au « Rockall Bank. » La plus grande profondeur à laquelle on opéra des mesures de température et des draguages atteignit 1476 brasses. Ces opérations réussirent si complétement qu'on peut augurer avec certitude le succès de recherches poussées à des profondeurs plus grandes encore.

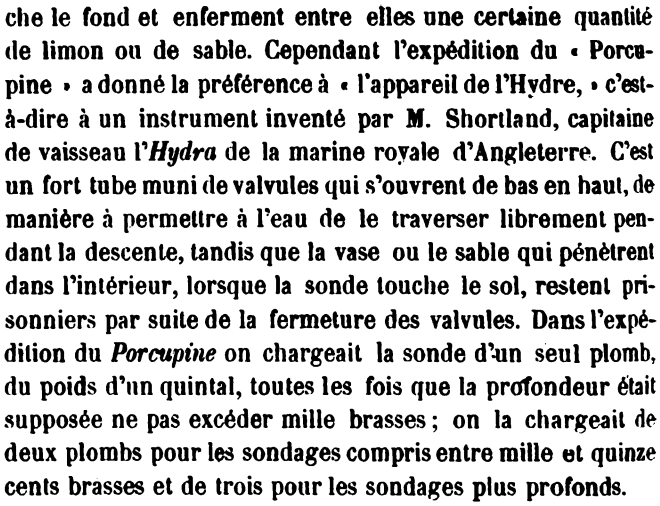
La seconde croisière, placée sous la direction scientifique de M. Wyville Thomson, avec M. Hunter comme aide chimiste, fut dirigée sur le point le plus rapproché où l'on savait exister une profondeur de 2500 brasses, à savoir l'extrémité septentrionale de la baie de Biscaye, à 250 milles à l'ouest d'Ushant. Dans cette expédition les mesures de température et les draguages ont été poussés jusqu'à la profondeur extraordinaire de 2345 brasses, soit près de trois milles anglais. Cette profondeur est presque égale à la hauteur du Mont-Blanc et excède de plus de 500 brasses les points les plus profonds de la ligne du câble transatlantique. Le fond de la mer, qui supporte une pression de près de trois tonnes par pouce carré, présente des conditions favorables au développement d'une vie animale fort riche. Un demi-quintal de « boue atlantique » ramené de cette profondeur par la drague s'est trouvé formé principalement de Globigérines, au milieu desquelles se trouvaient divers types d'organismes plus élevés dans la série animale : échinodermes, annélides, crustacés et mollusques. Parmi les échinodermes il faut signaler surtout un nouveau crinoïde appartenant (comme le Rhizocrinus de M. Sars dont nous avons parlé ailleurs) au type des Apiocrinites qui florissait pendant la période oolitique.

La troisième croisière fut confiée à la direction de M. le professeur Will. Carpenter, avec M. P. H. Carpenter comme aide-chimiste. M. Wyville Thomson était d'ailleurs de la partie et dirigeait les opérations de draguage. L'objet de cette croisière, qui commença vers le milieu d'août pour se terminer vers le milieu de septembre, était une étude approfondie de l'aire qui s'étend entre le nord de l'Ecosse et les Feroë. C'est en effet le lieu où le « Lightning » avait révélé une inégalité extraordinaire de la température, comme aussi de la distribution de la vie animale au fond de la mer.

Pénétrer les abîmes insondables de l'Océan n'est point chose facile et les divers procédés de sondage sont exposés à de nombreuses erreurs. M. Carpenter pense même qu'il faut rejeter toutes les anciennes observations relatives à des profondeurs de six ou huit milles, ou davantage. La sonde adoptée par l'expédition anglaise est une sonde à charge perdue, c'est-à-dire une de celles où le poids n'est pas fixé à la corde elle-même, mais à un appareil qui l'oblige à se détacher dès qu'il touche le sol. La corde est assez forte, non-seulement pour supporter une tension considérable pendant que le poids descend, mais encore pour ramener à la surface l'appareil qui chasse le poids et les instruments qui y peuvent être joints, même d'une profondeur de trois milles. Le choc contre le fond de la mer à une telle profondeur est assez sensible pour être reconnu par une main exercée, et l'opération du dévidement se faisant avec grande facilité, il est possible de conserver à la ligne une direction verticale, surtout à l'aide d'un steamer plutôt que d'un bâtiment à voile.

Pour rapporter des spécimens du sol au fond de la mer, on emploie généralement « l'appareil du Boule-dogue, » c'est-à-dire un instrument imaginé par M. Wallich pour le voyage du vaisseau le *Boule-dogue*. Cet appareil est construit sur le plan d'un moule à balles : deux coupes hémisphériques tenues écartées l'une de l'autre par un ressort pendant la descente de la sonde, se rapprochent dès que celle-ci tou-





che le fond et enferment entre elles une certaine quantité de limon ou de sable. Cependant l'expédition du « Porcupine » a donné la préférence à « l'appareil de l'Hydre, » c'est-à-dire à un instrument inventé par M. Shortland, capitaine de vaisseau l'*Hydra* de la marine royale d'Angleterre. C'est un fort tube muni de valvules qui s'ouvrent de bas en haut, de manière à permettre à l'eau de le traverser librement pendant la descente, tandis que la vase ou le sable qui pénètrent dans l'intérieur, lorsque la sonde touche le sol, restent prisonniers par suite de la fermeture des valvules. Dans l'expédition du *Porcupine* on chargeait la sonde d'un seul plomb, du poids d'un quintal, toutes les fois que la profondeur était supposée ne pas excéder mille brasses; on la chargeait de deux plombs pour les sondages compris entre mille et quinze cents brasses et de trois pour les sondages plus profonds.

La pression de la colonne d'eau exerce sur les thermomètres, dès qu'il s'agit d'une profondeur un peu considérable, une influence bien plus considérable qu'on ne le pensait il y a peu d'années. Aussi les déterminations de température au fond de l'Océan sont-elles dépourvues de valeur, si l'on n'emploie des instruments dans lesquels cette influence est éliminée, ou au moins des instruments dont on a déterminé expérimentalement l'erreur à des pressions diverses. Toutes les anciennes observations sur lesquelles était basée la doctrine d'une température uniforme de 4° C. dans les grandes profondeurs sont aujourd'hui sans valeur.

Toutes les mesures de température de l'expédition du « Porcupine » ont été prises avec des instruments enregistreurs de la construction de Six. Dans ces instruments les effets de la pression sont éliminés par le soin que l'on a eu d'enfermer la boule du thermomètre dans une seconde boule soudée au col du tube. Les trois quarts de l'espace compris entre les deux boules sont remplis d'alcool; le dernier quart est laissé vide, de manière à permettre une réduction quelconque de la capacité de la boule externe sans qu'aucune pression soit exercée sur la boule interne. Cette disposition,

imaginée par M. le professeur W. A. Miller, a été si bien exécutée par M. Casella que des thermomètres ont pu être soumis à une pression de trois tonnes par pouce carré, sans subir plus qu'une élévation insignifiante. Cette modification était même due, en partie tout au moins, à l'élévation de température résultant de la pression subie par l'eau dans laquelle les thermomètres étaient plongés pendant l'expérience. Des thermomètres ordinaires soumis à la même expérience accusent une variation de 5 à 6° et parfois même de 30 à 35° C.

Les opérations du « Lightning » faites en 1860, il est vrai à l'aide de thermomètres non protégés contre l'effet de la pression, avaient révélé ce fait curieux qu'il existe deux climats sous-marins très-différents l'un de l'autre dans le profond détroit situé entre le nord de l'Ecosse et les Feröe. Un minimum de température de 0° avait été enregistré dans certaines parties de ce canal, tandis que d'autres points situés à égale profondeur et par la même température de la surface (environ 11°) donnaient des indications qui n'étaient jamais inférieures à 7°,8. Il ne fut, il est vrai, pas possible de démontrer que ces températures minima fussent celles du *fond* lui-même; cependant la chose est fort probable, pour deux raisons : la première c'est qu'il est fort improbable que de l'eau de mer à 0°, vu sa densité, puisse être superposée à de l'eau présentant une température plus élevée, à moins que les deux couches ne soient animées d'un mouvement en sens opposé assez rapide pour être appréciable. La seconde raison c'est que la vie animale, dans l'aire froide (dont le sol est formé d'un sable quartzieux renfermant des particules volcaniques), a un caractère décidément boréal : tandis que l'aire chaude (à sol de Globigérines) offre une faune caractéristique des mers tempérées chaudes.

L'expédition du Porcupine a entièrement confirmé ces résultats, tout en obligeant à de légères corrections dans les nombres de degrés, par suite de la circonstance que les thermomètres du Lightning n'étaient point protégés par une

double boule. Ces faits restent acquis à la science. Il est démontré en outre qu'une température de 1°,4 au-dessus du point de congélation de l'eau douce peut régner au fond de la mer, dans une région fort distante du pôle, et que cet extrême abaissement de température est compatible avec l'existence d'une faune nombreuse et variée.

Pendant la première et la seconde croisière du « Porcupine » la température du bord oriental du grand bassin de l'Atlantique septentrional a été examinée à des profondeurs variant de 54 à 2435 brasses, entre le 47° et le 55° de latit. Le nombre total des observations a été de 84. La coïncidence de température à des profondeurs correspondantes est remarquablement exacte, les principales différences ne se manifestant qu'à la surface ou dans les couches d'eau très-voisines de celle-ci. Entre 100 et 500 brasses, le taux de l'abaissement est minima, car il n'excède pas 1°,7, soit 0°,42 pour 100 brasses. Cependant entre 500 et 750 brasses le taux s'élève à 1°,1 pour 100 brasses, et entre 750 et 1000 brasses il atteint même 1°,7. En comparant cette décroissance de la température dans le grand bassin atlantique avec la décroissance bien plus rapide de l'air froid déjà mentionnée, on est amené à reconnaître une relation très-remarquable entre ces deux séries : les changements thermométriques exigent une descente bathymétrique bien plus considérable dans le grand bassin que dans l'aire froide, mais la proportion reste toujours la même.

Le passage du courant polaire par le profond canal qui sépare l'Ecosse des Feroë est facilement explicable. En effet, entre le Groënland et l'Islande la profondeur de la mer est bien suffisante pour laisser passer librement le courant d'eau glacée, mais il n'en est plus de même entre l'Islande et les Feroë. Ici nous ne rencontrons nulle part de profondeur aussi considérable que 300 brasses, sauf dans un étroit canal à l'angle sud-est de l'Islande. Le mouvement de l'eau froide vers l'équateur se trouve donc arrêté d'une manière effective par cette barrière. C'est ce qui arrive d'une façon encore

plus efficace entre la Grande-Bretagne et la Norwége, où la mer du Nord ne présente nulle part de grande profondeur. Il est donc naturel que le courant polaire s'engage dans le profond canal situé entre l'Ecosse et les Feroë[1].

Relativement à la composition de l'eau de mer, certains faits nouveaux ont été mis au jour par l'expédition « du Porcupine, » faits qui expliquent la possibilité d'une vie animale très-abondante à une profondeur où il n'existe plus de végétaux. De nombreux échantillons d'eau de mer, pris à la surface et à différentes profondeurs, dans des stations éloignées des côtes, ont été soumis à l'épreuve du permanganate d'après la méthode de M. F.-A. Miller, en y introduisant une modification proposée par M. Angus Smith. Cette modification a pour but de distinguer les matières organiques *en état de décomposition* de celles qui sont *simplement décomposables*. Or il est résulté de ces observations que l'eau de mer renferme toujours une certaine quantité de matière organique dans ce dernier état, une sorte de protoplasma à un degré de dilution extrême, mais pouvant servir de nourriture aux animaux, puisqu'elle n'est point en décomposition. De soigneuses analyses de cette matière faites par M. Frankland, établissent son extrême richesse en azote. Les sources de cette matière organique doivent être cherchées, selon M. Wyville Thomson, dans les plantes et les animaux vivant à la surface de la mer, surtout près des côtes. Tout rivage est bordé dans la règle d'une frange de plantes marines s'étendant jusqu'à une profondeur d'environ un mille, et ces plantes de couleur olivâtre ou rouge sont couvertes de myriades d'animaux. La surface de chaque plante et de chaque animal déverse continuellement dans l'eau, pendant toute la vie, une exudation muqueuse. On peut s'en assurer dans le premier aquarium venu. La quantité de mucus ainsi versée

[1] Nous aurons très-prochainement l'occasion de revenir avec plus de détails sur les résultats relatifs à la physique terrestre obtenus dans ces croisières. (*Réd.*)

dans l'Océan par les prairies sous-marines, en particulier par la mer de Sargasses, qui occupe trois millions de milles carrés au milieu de l'Atlantique, cette quantité disons-nous, est énorme. La matière organique est transportée dans toutes les profondeurs et dans tous les sens, soit par la circulation des courants océaniques soit par la diffusion liquide, ce phénomène si bien étudié par Graham.

L'étude des gaz dissous dans l'eau de mer a fourni des résultats très-remarquables au point de vue de la biologie. Les proportions moyennes des gaz contenus dans les eaux de surface sont les suivants : oxygène 25,1 ; azote 54,2 ; acide carbonique 20,7. Mais ces proportions sont sujettes à de très-grandes variations. Comme règle générale la quantité relative d'oxygène diminue et celle d'acide carbonique augmente avec la profondeur. Les analyses des eaux *intermédiaires* donnent une moyenne de 22,0 d'oxygène, 52,8 d'azote et 26,2 d'acide carbonique, tandis que les analyses d'*eau de fond* donnent une moyenne de 19,5 d'oxygène, 52,6 d'azote et 27,9 d'acide carbonique; toutefois l'*eau de fond* à une profondeur relativement considérable contient souvent autant d'acide carbonique et aussi peu d'oxygène que l'*eau intermédiaire* de profondeurs bien plus considérables. En réalité, les proportions d'oxygène et d'acide carbonique sont liées beaucoup plus intimement à l'abondance de la vie animale (surtout des types élevés) qu'à la profondeur, comme cela résulte des opérations de draguage. On en sera frappé dans l'exemple suivant d'analyses d'eau recueillie à diverses profondeurs dans une seule et même localité :

	750 brasses	800 brasses	862 brasses (fond).
Oxygène	18,8	17,8	17,2
Azote	49,3	48,5	34,5
Ac. carbonique	31,9	33,7	48,3

L'augmentation remarquable d'acide carbonique dans la couche d'eau avoisinant le sol coïncidait dans ce cas avec la présence d'une faune extrêmement riche. Au contraire, dans

les cas où l'eau de fond a fourni une proportion relativement très-faible d'acide carbonique, la drague n'a ramené presque rien en fait d'animaux. Il semble donc que l'accroissement dans la proportion de l'acide carbonique et la diminution dans celle de l'oxygène dans les abîmes de l'Océan sont intimement liées aux phénomènes respiratoires aussi nécessaires au développement de la vie animale dans ces régions, que la présence de protoplasma dissous dans l'eau. Vu l'absence de toute vie végétale à cette profondeur (absence également constatée par M. Agassiz), il est évident que la consommation continuelle d'oxygène et la mise en liberté également incessante d'acide carbonique rendraient bientôt parfaitement irrespirable la couche d'eau la plus voisine du fond, sans la diffusion de l'acide carbonique vers le haut à travers les eaux intermédiaires jusqu'à la surface, et la diffusion de l'oxygène vers le bas jusqu'au fond. Un échange de gaz a lieu continuellement à la surface de l'Océan entre l'eau de mer et l'atmosphère. C'est ainsi que la respiration de la faune profonde a lieu grâce à un phénomène de diffusion à travers une couche d'eau intermédiaire épaisse de trois milles et davantage.

L'expédition du Porcupine a entièrement confirmé les nombreuses observations antérieures relatives au rôle important des Foraminifères et plus particulièrement des Globigérines au fond de l'Océan, observations qui ont fait dire que nous sommes encore en pleine époque crétacée. Il a été possible même de résoudre une question chaudement controversée naguère, celle de savoir si les Globigérines *vivent* au fond de l'Océan, où bien si elles flottent près de la surface, laissant simplement tomber leur coquille au fond de l'abîme, lorsqu'elles viennent à mourir. Si cette dernière alternative était la vraie, il n'y aurait pas de raison pour que les Globigérines ne fussent pas disséminées partout de la même manière sans égard pour la température du fond, celle de la surface étant la même. Or c'est ce qui n'a point lieu. Les Globigérines manquent dans l'aire froide située entre

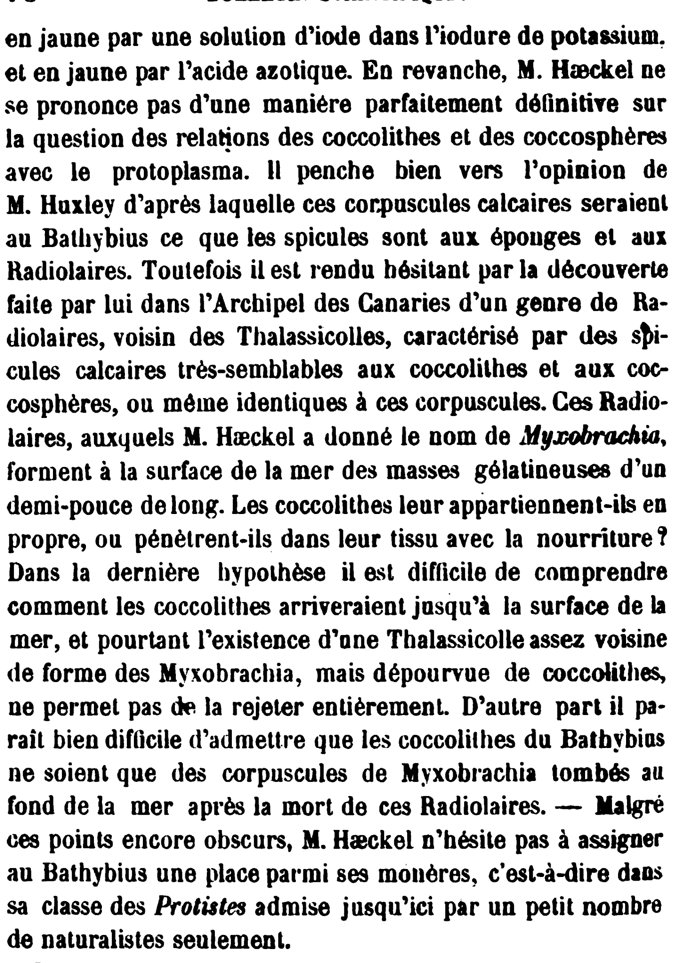


l'Ecosse et les Feroë, malgré la température élevée de l'eau de surface. Aussi doit-on admettre très-positivement que ces animaux vivent bien au fond de l'Océan. D'autres foraminifères existent en revanche dans la région froide et parmi eux des formes remarquables appartenant au *type arénacé*, type dans lequel la coquille calcaire de la *série porcelaineuse* et de la *série vitreuse* (Carpenter) est remplacée par une enveloppe de grains de sable cimentés ensemble avec une symétrie et une régularité parfois étonnantes.

On se souvient que M. Huxley a découvert, dans la craie en voie de formation au fond de l'Océan, des masses de matières organiques considérables qu'il considère comme du protoplasma. Cette manière de voir a été entièrement confirmée par l'expédition du Porcupine. M. Wyville Thomson décrit la boue océanique au moment où la sonde la ramène à la surface comme douée de vie; elle se divise en masses glaireuses comme si elle était mêlée de blanc d'œuf, et le microscope enseigne que ces masses sont animées d'un mouvement incessant. C'est du sarcode, du protoplasma vivant. M. Wyville Thomson considère ces masses sarcodiques comme une sorte de mycélium diffus de diverses éponges; toutefois les éponges ne paraissent pas assez abondantes dans ces abîmes océaniques pour que cette opinion ne semble pas devoir subir une légère modification. On sait que lors des recherches faites en 1857 pour la pose du câble transatlantique, M. Huxley découvrit en très-grandes quantités, dans la boue de globigérines du fond de l'Océan, de très-petits corpuscules calcaires, les *coccolithes* dont il a été question à diverses reprises dans les *Archives*. Ces corpuscules présentent deux formes distinctes, ce qui les a fait distinguer en *discolithes*, de forme simplement orbiculaire ou myptique, et en *cyatholithes* dont la structure plus complexe rappelle celle des amphidisques des spongilles. En 1860 M. Wallich reconnut que ces coccolithes sont souvent groupés de manière à pousser des boules auxquelles il donna le nom de *coccosphères*. Il montre en outre, ainsi que M. Sorby, que

ces corpuscules se retrouvent avec les mêmes caractères dans les dépôts de l'époque crétacée. M. Sorby pense que tous les coccolithes proviennent de la désagrégation de coccosphères, tandis que M. Huxley pense que ces dernières, vu leur rareté relative, résultent de l'agrégation secondaire de coccolithes, question évidemment encore indécise. Au point de vue strictement *anatomique* il est seulement permis de dire, surtout depuis les recherches de M. Hæckel sur ce sujet, que les cyatholithes sont des discolithes réunis deux à deux et les coccosphères des groupes de coccolithes soudés ensemble. Quoi qu'il en soit, ces corpuscules paraissent être semés dans les masses sarcodiques du fond de l'Océan, dont ils formeraient une partie essentielle. Ce seraient des fragments de protoplasmas incrustés de carbonate de chaux, car M. Hæckel a démontré que ces corpuscules renferment une base organique, et ils seraient morphologiquement comparables aux spicules des Radiolaires et des Spongiaires. M. Huxley a donné le nom de *Bathybius Hæckeli* aux masses protoplasmiques du fond de l'Océan dont les relations avec les coccolithes et les coccosphères seraient par conséquent les mêmes que celles des parties molles d'un Sphœrosoum ou d'une éponge avec les spicules qu'elles engendrent dans leur intérieur. Ce Bathybius paraît former des masses énormes au fond de l'Océan, tantôt en paquets plus ou moins compacts, comme un Protomœba, tantôt sous la forme d'un énorme plasmodium réticulé, comparable aux Protogènes et aux Myxodyctium de M. Hæckel. Cette opinion fort séduisante de M. Huxley a gagné beaucoup en vraisemblance par les recherches soigneuses de M. Hæckel sur ce sujet. Le professeur d'Iéna a surtout le mérite d'avoir distingué le véritable protoplasma vivant des parties gélatineuses qui avaient été confondues avec lui. Cette distinction est basée sur des réactions microchimiques. M. Hæckel ne reconnaît comme protoplasma du Bathybius (et en cela il a certainement raison) que les parties qui se colorent en rouge par l'action d'une solution ammoniacale de carmin,





en jaune par une solution d'iode dans l'iodure de potassium, et en jaune par l'acide azotique. En revanche, M. Hæckel ne se prononce pas d'une manière parfaitement définitive sur la question des relations des coccolithes et des coccosphères avec le protoplasma. Il penche bien vers l'opinion de M. Huxley d'après laquelle ces corpuscules calcaires seraient au Bathybius ce que les spicules sont aux éponges et aux Radiolaires. Toutefois il est rendu hésitant par la découverte faite par lui dans l'Archipel des Canaries d'un genre de Radiolaires, voisin des Thalassicolles, caractérisé par des spicules calcaires très-semblables aux coccolithes et aux coccosphères, ou même identiques à ces corpuscules. Ces Radiolaires, auxquels M. Hæckel a donné le nom de *Myxobrachia*, forment à la surface de la mer des masses gélatineuses d'un demi-pouce de long. Les coccolithes leur appartiennent-ils en propre, ou pénètrent-ils dans leur tissu avec la nourriture? Dans la dernière hypothèse il est difficile de comprendre comment les coccolithes arriveraient jusqu'à la surface de la mer, et pourtant l'existence d'une Thalassicolle assez voisine de forme des Myxobrachia, mais dépourvue de coccolithes, ne permet pas de la rejeter entièrement. D'autre part il paraît bien difficile d'admettre que les coccolithes du Bathybius ne soient que des corpuscules de Myxobrachia tombés au fond de la mer après la mort de ces Radiolaires. — Malgré ces points encore obscurs, M. Hæckel n'hésite pas à assigner au Bathybius une place parmi ses monères, c'est-à-dire dans sa classe des *Protistes* admise jusqu'ici par un petit nombre de naturalistes seulement.

Le caractère le plus remarquable, au point de vue zoostatique, de l'aire froide si bien étudiée par MM. Thomson et Carpenter, c'est sa richesse extraordinaire en Echinodermes. Les types prédominants ont un caractère décidément boréal et même arctique. MM. Carpenter et Thomson ont retrouvé presque toutes les formes de ce groupe rencontrées par les naturalistes scandinaves dans les fjords de Norwége et ils ont été particulièrement frappés de l'abondance d'une Co-

matule (*Antedon Eschrichtii*) qui n'était connue jusqu'ici que du voisinage de l'Islande et du Groënland. D'autre part les formes méridionales, trouvées dans l'aire froide, sont tellement réduites de taille, qu'on serait disposé à les considérer comme des espèces distinctes, n'était leur identité sous tous les autres points de vue avec les espèces auxquelles les savants anglais les rapportent. C'est ainsi que le diamètre du *Solaster papposa* est réduit de six pouces à deux et que le nombre des antimères de cet astéride ne dépasse jamais dix. Quelques formes entièrement nouvelles ont été aussi découvertes. C'est le cas en particulier pour un Clypéastroïde qui a été également recueilli par M. Pourtalès dans les draguages du Gulf-Stream. M. Alex. Agassiz lui a donné le nom générique de *Pourtalesia*. Il le regarde comme un représentant actuel des *Infulaster* de la période crétacée. Par sa forme très-allongée, lagéniforme, cet échinoderme ressemble plus à un Holothuride qu'à un oursin proprement dit : la bouche est placée à l'une des extrémités, et l'anus près de l'autre, à savoir de celle qui représente un cou de bouteille. Le nom spécifique de *miranda* que lui attribue M. Agassiz est donc bien mérité, surtout si l'on tient compte de cette circonstance remarquable que les téguments de cet échinoderme sont transparents.

Les crustacés de l'aire froide sont en partie commun à la faune du Spitzberg, en partie à celle de la Norwége. On rencontre en abondance des Pycnogonides gigantesques, c'est-à-dire mesurant en travers, avec les pieds étendus, jusqu'à 4 ou 5 pouces. On trouvera en général les petites espèces littorales enfouies dans la couche gélatineuse qui suinte de la surface des algues, et la conformation de la bouche de ces animaux, propre à la succion, permet de supposer qu'ils se nourrissent de cette gelée. M. Carpenter admet par analogie que les Pycnogonides gigantesques du fond de la mer se nourrissent de la substance sarcodique des éponges et des Rhizopodes.

Les mollusques, qui dans d'autres localités fournissent la



plus ample récolte à la drague, n'offrent dans l'aire froide qu'une importance secondaire relativement aux groupes déjà mentionnés. D'ailleurs la différence de faune entre l'aire froide et l'aire chaude a paru beaucoup moins considérable pour les mollusques que pour d'autres groupes. Un des types les plus intéressants est un brachiopode trouvé à une profondeur de 345 brasses par une température de —1°,1. C'est la *Tenebratula septata* de Philippi (*T. septigera* Loven). Une variété de cette espèce trouvée dans les couches pliocènes de Messine a été décrite par M. Sequenza sous le nom de *T. Peloritana*, et cette variété est évidemment identique avec la *Waldheimia Floridana* Pourt. draguée en si énorme quantité par M. Pourtalès dans le golfe du Mexique. La taille relativement colossale des individus péchés par MM. Carpenter et Thomson dans le canal des Shetland, montre que l'eau froide est décidément le séjour le plus favorable au développement de ce mollusque. Un autre brachiopode de la même localité est la *Platydia anomioïdes* Scacchi (*Morrisia* Davidson) qu'on croyait jusqu'ici localisée, au moins autant qu'espèce actuelle, dans la Méditerranée. Les exemplaires de l'aire froide de Carpenter étant bien plus grande que ceux de la Méditerranée, il semble probable que l'origine de l'espèce est boréale, peut-être même arctique.

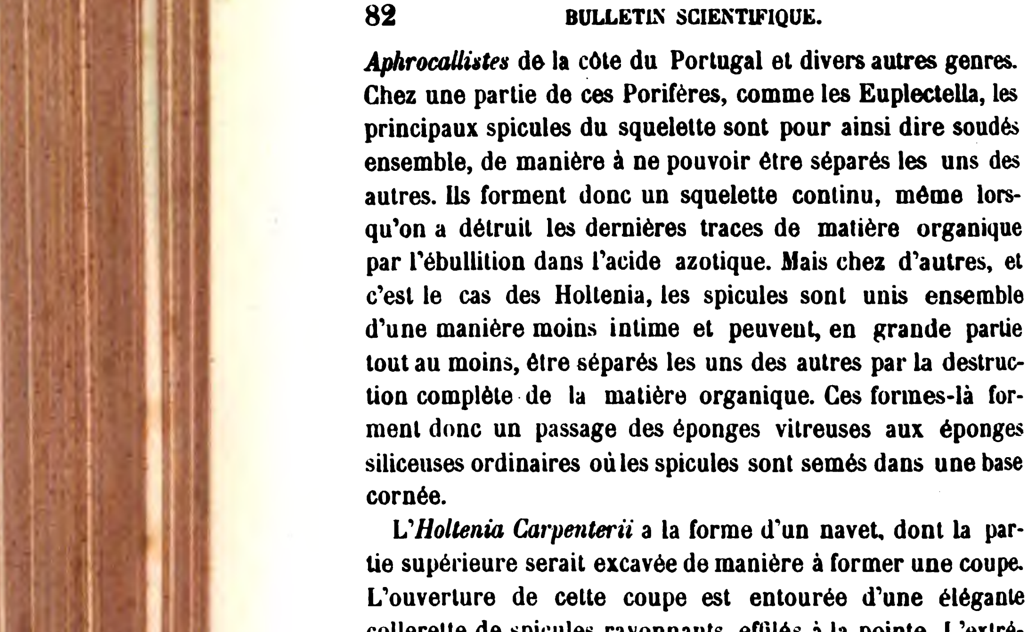
Un grand nombre de coraux ont été trouvés par les savants anglais entre 500 et 600 brasses. Plusieurs d'entre eux sont identifiables avec des espèces découvertes par M. Pourtalès dans ses draguages du Gulf-Stream ou avec des espèces fossiles conservées dans les dépôts tertiaires d'Italie et de Sicile. Plusieurs de ces coraux présentent une taille bien plus considérable que leurs représentants plus méridionaux. Aucune des espèces recueillies n'appartient à des genres connus pour former des récifs. La doctrine des *aires d'affaissement* et des *aires d'élévation* fondée par M. Darwin sur des observations qui montrent que les récifs de coraux ne peuvent croître à une profondeur plus grande que vingt brasses,

cette doctrine, disons-nous, n'est donc point ébranlée par les découvertes de MM. Thomson et Carpenter.

Un des caractères les plus remarquables de l'aire froide, c'est la grande abondance d'éponges. Ce fait a peut-être une importance physiologique particulière, surtout lorsqu'on le rapproche de l'abondance bien plus grande encore des Globigérines, d'autres Foraminifères et des Bathybius dans l'aire chaude. Malgré la différence qui sépare ces groupes quant à la forme et à la structure de leur squelette dur, tout biologiste reconnaîtra sans difficulté les affinités qui les réunissent. M. Carpenter pense que tous ces êtres jouissent de la propriété de s'imbiber de la substance sarcodique que nous avons vue être dissoute dans l'eau de mer et s'en nourrir; de l'assimiler en un mot, comme ils assimilent le carbonate de chaux et la silice dissous, pour former leur squelette dur. Cette hypothèse une fois admise, l'alimentation de tant d'animaux à organisation plus complexe dans les régions profondes de la mer, n'offrirait plus rien que de très-compréhensible.

Sur les limites de l'aire chaude et de l'aire froide les savants anglais ont trouvé, en compagnie du célèbre *Hyalonema Sieboldii*, un nouveau type de spongiaire auquel ils ont donné le nom de *Holtenia Carpenteri*. Ce magnifique Porifère mérite ici une mention toute spéciale à cause de ses affinités avec de singuliers fossiles de la craie blanche connus sous le nom de *Ventriculites*, fossiles dont la position dans le cadre zoologique était jusqu'ici incertaine.

La grande importation faite récemment en Europe des splendides *Euplectella* des Philippines a familiarisé tout naturaliste avec un type d'éponges, dans lequel le squelette corné (renfermant le plus souvent dans son intérieur des spicules siliceux ou calcaires plus ou moins abondants) est remplacé par un squelette *entièrement siliceux*. Ce groupe a été distingué par M. Wyville Thomson sous le nom de *Porifera vitrea*, soit éponges vitreuses. Là viennent se ranger les *Dictyocalyx* des Barbados, les *Hyalonema* du Japon, les



Aphrocallistes de la côte du Portugal et divers autres genres. Chez une partie de ces Porifères, comme les Euplectella, les principaux spicules du squelette sont pour ainsi dire soudés ensemble, de manière à ne pouvoir être séparés les uns des autres. Ils forment donc un squelette continu, même lorsqu'on a détruit les dernières traces de matière organique par l'ébullition dans l'acide azotique. Mais chez d'autres, et c'est le cas des Holtenia, les spicules sont unis ensemble d'une manière moins intime et peuvent, en grande partie tout au moins, être séparés les uns des autres par la destruction complète de la matière organique. Ces formes-là forment donc un passage des éponges vitreuses aux éponges siliceuses ordinaires où les spicules sont semés dans une base cornée.

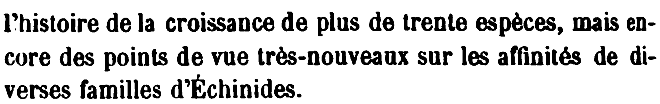
L'*Holtenia Carpenterii* a la forme d'un navet, dont la partie supérieure serait excavée de manière à former une coupe. L'ouverture de cette coupe est entourée d'une élégante collerette de spicules rayonnants, effilés à la pointe. L'extrémité opposée se termine en une sorte de barbe touffue, composée de spicules cylindriques allongés qui s'enfoncent dans le limon sous-jaçant comme la « corde de cristal des Japonais » le fait pour les Hyalonema.

Les *Ventriculites* de la craie forment un groupe qui a beaucoup embarrassé les paléontologistes, en partie peut-être par suite de l'action métamorphique subie par leurs squelettes fossilisés. Ils ont en général la forme de vases gracieux, de tubes ou de cylindres, ornés de sillons d'arêtes et d'autres reliefs ; leur partie supérieure s'étale souvent en une lèvre qui simule une coupe, tandis que l'extrémité opposée s'allonge en un faisceau de fibres. Ces corps paraissent formés de tubes très-fins, quelquefois vides, quelquefois remplis de matière calcaire, colorée par du peroxyde de fer. M. Toulmin Smith, qui s'est occupé avec soin des Ventriculistes, il y a quelques années déjà, est arrivé à penser que ces êtres avaient plus d'affinité avec les Bryozoaires qu'avec les Porifères, et M. Bowerbank, qui maintenait néanmoins leur

caractère de spongiaires, n'avait pu découvrir aucune éponge actuelle présentant une affinité décidée avec eux. Toutefois, M. Wyville Thomson, après une comparaison attentive de la structure des Ventriculites avec celle des éponges vitreuses, est arrivé à la conclusion que ces fossiles appartiennent au groupe de ces dernières. Il explique la disparition de la silice de leur squelette par un procédé de dissolution chimique, qui aurait entraîné la silice au loin pour former les rognons de silex, ne laissant subsister que les moules du squelette dans la craie. Loin de regarder les Ventriculites comme représentant un groupe zoologique aujourd'hui éteint, il pense que ce groupe atteint dans les mers actuelles un développement bien plus grand que dans la période crétacée. On voit que la découverte des Holtenia, en jetant un jour inattendu sur cette question paléontologique, prend une importance aussi grande que la découverte des Rhizocrinus et des Pourtalesia.

La riche récolte rapportée par M. Pourtalès des sondages du Gulf-Stream dont nous avons rendu compte précédemment, fournit d'amples matériaux d'études aux naturalistes de Harvard College. Nous avons sous les yeux les rapports préliminaires sur les Échinodermes rédigés par M. Alex. Agassiz, M. Lyman et M. Pourtalès lui-même. Ces rapports sont tellement concis qu'il n'est guère possible d'en donner une analyse, puisqu'ils ne sont eux-mêmes que l'analyse d'un ouvrage important qui paraîtra sous le nom de « Catalogue illustré. » Cependant nous indiquerons brièvement quelques-uns des points qui nous ont paru les plus remarquables relativement aux affinités réciproques des échinodermes. Parmi les Échinides recueillis par M. Pourtalès, il s'en trouve une foule de très-petite taille qui ne sont que de jeunes individus, quelques-uns sont même si petits qu'ils ne devaient pas avoir terminé depuis longtemps la résorption de leur pluteus au moment de leur capture. Ces jeunes exemplaires ont été étudiés avec grand soin par M. Alex. Agassiz. Ce savant y a trouvé non-seulement les éléments de





l'histoire de la croissance de plus de trente espèces, mais encore des points de vue très-nouveaux sur les affinités de diverses familles d'Échinides.

Il est d'ailleurs probable que dans cette étude minutieuse des jeunes individus, il n'eût pas été possible de dresser un catalogue spécifique satisfaisant de la collection de M. Pourtalès. M. Alex. Agassiz montre en effet que les changements subis par une espèce dans son développement, ainsi que cela résulte de l'examen d'une série de jeunes individus, sont assez considérables pour que l'on pût être tenté au premier abord d'attribuer les deux termes extrêmes de la série non-seulement à deux espèces, mais encore à deux genres ou même à deux familles distinctes. Cette étude entraînera forcément l'élimination d'un grand nombre d'espèces et de genres et fournira à M. Agassiz une base solide pour une révision complète des Échinides.

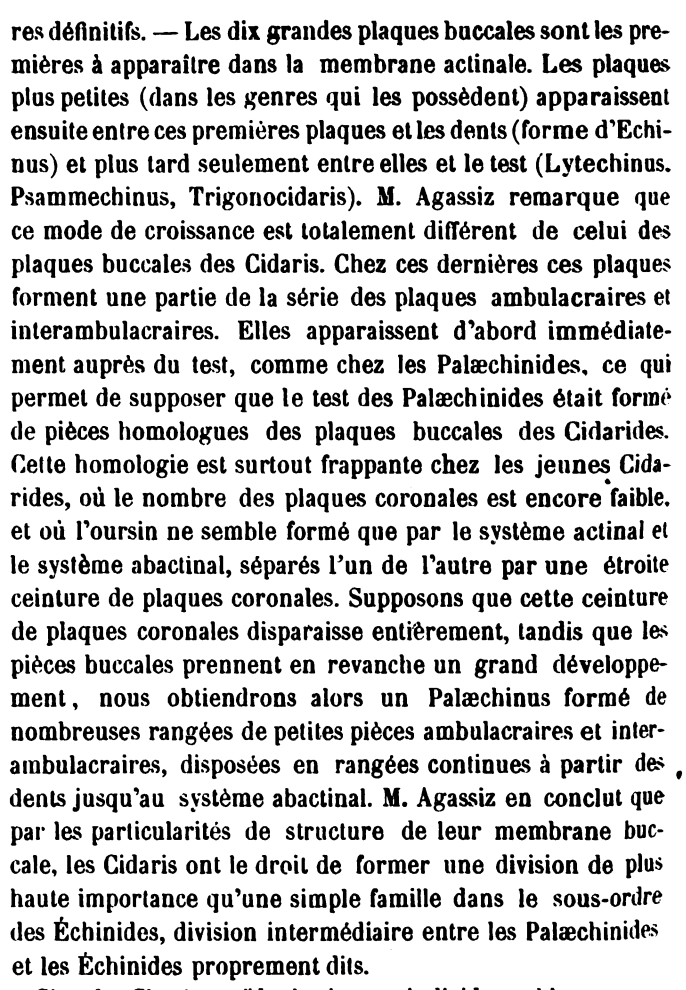
Il n'est pas possible de passer ici en revue toutes les particularités remarquables du développement signalées par M. Agassiz. Nous en choisirons seulement un petit nombre pour en faire saisir la portée.

Chez le *Toxopneustes Drobachiensis* Ag., l'oursin qui vient de terminer la phase de pluteus, ne possède qu'un petit nombre de gros tubercules avec mamelon, limités à l'ambitus (phase de Podocidaris et de Podophora). Dans le stade suivant il existe deux rangées principales de gros tubercules occupant le test entier (phase de Cidaris, sans tubercules miliaires). Ces tubercules augmentent de nombre avec l'âge, les piquants représentent successivement les formes caractéristiques des Rhabdocidaris, des Cidaris, des Echinocidaris et enfin des Toxopneustes. Dans les premiers stades l'ouverture actinale est fort grande (forme d'Echinocidaris), dépourvue d'échancrure (forme de Cidaris); elle occupe la surface actinale presque tout entière. A mesure que le test croît, cette ouverture devient relativement plus petite, et son bord s'échancre légèrement (forme de Psammechinus). Le système anal est formé dans le principe par une plaque suba-

nale unique, apparaissant avant la formation des plaques génitales et des plaques oculaires. Cette pièce l'emporte pendant longtemps, en grandeur, sur les autres plaques qui apparaissent pour couvrir le système anal à mesure qu'il s'accroît. L'axe de symétrie fourni par cette plaque subanale n'a pas de relations fixes avec la plaque madréporique, car il est opposé à différentes plaques génitales à différentes époques de la croissance. Ce fait doit être rapproché de la position oblique de la plaque subanale chez les Salénides. Le système abactinal passe ensuite par une phase qui rappelle les Echinocidaris et les Trigonocidaris, sauf qu'il y a cinq plaques anales au lieu de quatre. L'arrangement des pores dans la zone porifère passe successivement par des phases correspandant aux Cidaris, puis aux Hemicidaris, aux Pseudodiadema, aux Echinocidaris, aux Heliocidaris.

Les autres oursins réguliers présentent dans leur croissance des modifications analogues à celles des Toxopneustes. Mais nulle part dans ce groupe M. A. Agassiz ne les a trouvées, pour ce qui concerne la forme et les proportions du test et des piquants, aussi considérables que chez les Echinometra. Il a vu souvent des exemplaires de même taille dont les uns offraient un contour presque circulaire, avec un test aplati et couvert d'épines longues et grêles, tandis que les autres présentaient un test lobé, renflé, élevé et garni de piquants nombreux, mais épais et courts. Aussi l'espèce la plus commune sur les côtes des États-Unis a-t-elle donné lieu à une synonymie très-confuse.

Le mode de formation des tubercules miliaires chez un grand nombre d'oursins réguliers (Toxopneustes, Echinus, Sphœrechinus, Lytechinus) est très-remarquable. On voit d'abord apparaître des arêtes rayonnantes, partant de la base de chaque tubercule primaire, et formant autour de lui comme les rayons d'une étoile. Bientôt ces rayons se renflent en massue à l'extrémité, puis les parties renflées s'isolent par degrés, pour former des tubercules elliptiques indépendants qui prennent bientôt la forme des tubercules miliai-



res définitifs. — Les dix grandes plaques buccales sont les premières à apparaître dans la membrane actinale. Les plaques plus petites (dans les genres qui les possèdent) apparaissent ensuite entre ces premières plaques et les dents (forme d'Echinus) et plus tard seulement entre elles et le test (Lytechinus. Psammechinus, Trigonocidaris). M. Agassiz remarque que ce mode de croissance est totalement différent de celui des plaques buccales des Cidaris. Chez ces dernières ces plaques forment une partie de la série des plaques ambulacraires et interambulacraires. Elles apparaissent d'abord immédiatement auprès du test, comme chez les Palæchinides, ce qui permet de supposer que le test des Palæchinides était formé de pièces homologues des plaques buccales des Cidarides. Cette homologie est surtout frappante chez les jeunes *Cidarides*, où le nombre des plaques coronales est encore faible, et où l'oursin ne semble formé que par le système actinal et le système abactinal, séparés l'un de l'autre par une étroite ceinture de plaques coronales. Supposons que cette ceinture de plaques coronales disparaisse entièrement, tandis que les pièces buccales prennent en revanche un grand développement, nous obtiendrons alors un Palæchinus formé de nombreuses rangées de petites pièces ambulacraires et interambulacraires, disposées en rangées continues à partir des dents jusqu'au système abactinal. M. Agassiz en conclut que par les particularités de structure de leur membrane buccale, les Cidaris ont le droit de former une division de plus haute importance qu'une simple famille dans le sous-ordre des Échinides, division intermédiaire entre les Palæchinides et les Échinides proprement dits.

Chez les Clypéastroïdes les jeunes individus subissent, pendant leur croissance post-larvaire, des changements de forme et de structure très-considérables. Les jeunes exemplaires d'une Mellita (*M. hexapora*) par exemple, mesurant 0,09 de pouces anglais en diamètre, sont presque circulaires, avec un bord épaissi comme un Laganum et encore entièrement dépourvu de lunules. Les pièces ambulacraires ét interambula-

craires sont toutes de même grandeur, hexagonales, formant vingt zones égales entre elles et portant chacune un seul gros tubercule au centre. La surface inférieure de l'échinoderme est profondément concave, munie d'une ouverture buccale proportionnellement bien plus large que chez l'adulte. La lunule interambulacraire postérieure apparaît d'abord sur cette surface comme une profonde dépression, à l'une des extrémités de laquelle se trouve placé l'anus dans le voisinage immédiat de la bouche, à un tiers environ de la distance qui sépare celle-ci du bord du test. Il existe aussi des phyllodes rudimentaires formés seulement d'un petit nombre de pores, qui s'étendent éventuellement dans les sillons interambulacraires jusqu'au bord du test; mais qui sont dans le principe restreints à un petit nombre, groupés autour de la bouche. Dans un stade subséquent, le contour de l'échinoderme devient légèrement pentagonal, la lunule s'approfondit et finit par percer la surface abactinale, tandis que la rosette devient rayonnante, formée de cinq ou six paires de pores pour chaque zone porifère. Lorsque la lunule postérieure est devenue une véritable ouverture, la rosette présente déjà une forme légèrement pétaloïde. Le bord du test est à ce moment encore très-épaissi. A l'époque où la jeune Mellita a atteint presque un pouce et demi en diamètre, les lunules ambulacraires apparaissent pour la première fois comme des dépressions visibles seulement à la surface inférieure soit actinale de l'échinoderme. Plus tard ces dépressions en s'approfondissant se fraient un passage à travers le test jusqu'à la surface abactinale. La lunule postérieure interambulacraire augmente rapidement de taille et le sillon anal s'en sépare, devenant une simple dépression dans le prolongement de la lunule.

Les Eucope (*E. emarginata*) passent, comme les Mellita, par un stade primitif, où il n'existe encore aucune trace de la lunule interambulacraire postérieure, mais le contour est elliptique comme chez un jeune Echinoarachnius. Bientôt le contour, vu d'en haut, apparaît comme profondément échan-

cré, et l'animal correspond alors au genre Moulinsia. La figure de ce genre, donnée par M. L. Agassiz, dans la « Monographie des Scutelles, » ne représente, même selon M. Alex. Agassiz, qu'un jeune individu de l'*Eucope emarginata*. Bientôt le jeune Eucopide offre un contour profondément lobé. Les échancrures peuvent se fermer ou rester ouvertes, ce qui a fourni la base d'un grand nombre d'espèces établies sur la profondeur des lobes, la présence ou l'absence de certaines lunules, etc. Mais il ne s'agit là que de caractères juvénils conservés ou exagérés chez l'adulte.

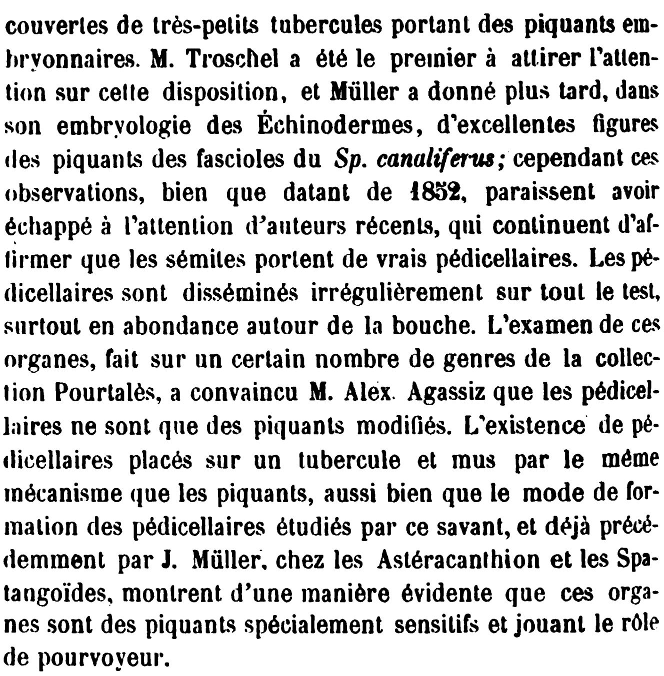
Le développement du *Stolonoclypus prostratus* et de Clypéastroïdes aplatis du type du *Clyp. placunaris* est fort instructif, car, pris en connexion avec celui des Scutellides dont nous venons de parler, il montre qu'il faut introduire une réforme importante dans les genres décrits sous les noms de Lenita, Scuttellaria, Runa, Echinocyamus et autres Échinoïdes de petite taille. M. Alex. Agassiz pense que tous ces genres ne représentent que des formes jeunes d'autres Clypéastroïdes, comme les Scutella, les Mellita, les Laganum, les Stolonoclytus, les Clypéaster, les Encopes, etc. Dans tous les cas, les observations de ce savant sont déjà suffisantes pour montrer que les Scutellides passent par des phases de développement qu'il est impossible de distinguer des genres Moulinsia, Fibularia, Ruma, Scutellina, et que les Clypéastroïdes proprement dits passent par une phase identique au genre Echinocyamus.

Le développement des Échinolampas a jeté un jour inattendu sur les affinités des Galérites dépourvus de dents, et des Cassidulides. Il enseigne, d'une manière concluante, que les Echinoneus ne sont qu'une forme embryonnaire des Échinolampas, ce qui les rapproche des Cassidulides. et qu'ils n'ont rien de commun avec les Galérites, dans le sens que M. Alex. Agassiz donne à ce groupe, où il ne conserve que les formes munies de dents. Cette restriction fait des Galérites une division parfaitement naturelle, et M. Agassiz incline à réunir les Galérites munis de dents avec les Échi-

nides proprement dits dans un même sous-ordre, où ils formeraient une famille prophétique, se rapprochant des Clypéastroïdes par la position de l'anus qui est séparé du système apicial, mais conservant néanmoins les dents et la structure symétrique des Échinides réguliers. Le grand développement des Galérites durant des époques géologiques antérieures, ainsi que les relations de l'anus et du test, conduiront peut-être à diriger ce groupe en un sous-ordre à part, intermédiaire entre les Échinides proprement dits et les Clypéastroïdes. L'immense série d'individus collectés par M. Pourtalès, dans sa seconde expédition, a permis à M. Agassiz d'établir d'une manière définitive, les véritables relations des Échinolampas. Ce savant montre combien M. Desor a eu raison d'éloigner des Galérites les Carotomus et genres voisins, pour les placer parmi les Cassidulides à cause de la nature semi-pétaloïde de la portion apiciale de leurs ambulacres.

Parmi les Spatangoïdes proprement dits, l'examen de jeunes exemplaires enseigne que ces Échinodermes subissent de grandes modifications de forme durant leur croissance. La partie postérieure du test est surtout sujette à varier ; la position de l'anus est très-inconstante dans une seule et même espèce ; la bouche n'est point labiée dans le jeune âge comme chez l'adulte ; les fascioles (sémites) péripétaliennes et les latérales ne varient pas dans leurs limites, mais les fascioles anales et subanales subissent de si grandes modifications durant leur croissance, qu'il est impossible d'en tirer des caractères génériques, tandis que la permanence des premières a au contraire une importance majeure au point de vue de la classification. Les pétaloïdes ambulacraires sont aussi grandement modifiés avec l'âge : ils finissent en général par devenir confluents, tandis que dans le jeune âge ils sont remarquablement distincts et que leurs pores ne sont point conjugués. Les sémites ne sont point couvertes de pédicellaires réguliers, bien qu'on prétende généralement que ce soit le cas. M. Agassiz trouve ces fascioles





couvertes de très-petits tubercules portant des piquants embryonnaires. M. Troschel a été le premier à attirer l'attention sur cette disposition, et Müller a donné plus tard, dans son embryologie des Échinodermes, d'excellentes figures des piquants des fascioles du *Sp. canaliferus;* cependant ces observations, bien que datant de 1852, paraissent avoir échappé à l'attention d'auteurs récents, qui continuent d'affirmer que les sémites portent de vrais pédicellaires. Les pédicellaires sont disséminés irrégulièrement sur tout le test, surtout en abondance autour de la bouche. L'examen de ces organes, fait sur un certain nombre de genres de la collection Pourtalès, a convaincu M. Alex. Agassiz que les pédicellaires ne sont que des piquants modifiés. L'existence de pédicellaires placés sur un tubercule et mus par le même mécanisme que les piquants, aussi bien que le mode de formation des pédicellaires étudiés par ce savant, et déjà précédemment par J. Müller, chez les Astéracanthion et les Spatangoïdes, montrent d'une manière évidente que ces organes sont des piquants spécialement sensitifs et jouant le rôle de pourvoyeur.

La forme de la bouche des jeunes Spatangoïdes, semblable à celle des Cassiduloïdes, ainsi que l'existence de plusieurs Spatangoïdes, tant fossiles que vivants, qui offrent la même structure de la bouche à l'état adulte, enseigne qu'on doit réunir les Spatangoïdes et les Cassiduloïdes en un même sous-ordre, comme l'a fait, par exemple, M. Albin Gras, quoique le nom d'irrégulier, proposé par ce savant, paraisse peu approprié selon M. Alex. Agassiz.

Profitant des riches séries de coraux et de madrépores recueillies par les draguages de M. Pourtalès, M. Louis Agassiz a fait sur ces polypes Zoanthaires un travail entièrement parallèle à celui de son fils sur les Échinodermes dont nous venons de parler. Les résultats auxquels il a abouti sont de même ordre. M. Louis Agassiz montre en effet que les coraux subissent, pendant leur croissance, une suite de modifications à peine inférieures en importance aux changements

embryonnaires connus chez tant d'animaux. Si nous combinons en une série toutes les modifications constatées dans les différentes familles de coraux, nous voyons se manifester une gradation évidente entre elles, gradation comparable à celle qu'on reconnaît dans les séries d'animaux adultes, lorsqu'on les dispose suivant le degré de complication de leur structure. Il est évident que les représentants de la classe des polypes Zoanthaires ne sont point tous au même niveau, sous le rapport de la complication de leur structure. Dans l'opinion de M. Agassiz, les Actinides proprement dits sont au bas de l'échelle; puis viennent les Madréporides, et enfin les Alcyonaires; et parmi les Madréporides, qui sont les plus importants dans les récifs, il considère les Turbinolides comme les plus inférieurs, et il les fait suivre de bas en haut d'abord par les Fungides, puis par les Astréides, et enfin par les Madréporides proprement dits. Or il est curieux de constater, avec M. Agassiz, que les changements successifs présentés par chaque représentant de l'un de ces groupes pendant sa croissance, rappellent les traits caractéristiques des groupes placés immédiatement au-dessous. Ainsi, par exemple, les jeunes Astréides, avant de sécréter leur squelette dur, ont une phase d'Actinie; puis leur charpente calcaire primitive rappelle celle d'une Turbinolia; enfin ces Zoanthaires passent par une phase de Fungie avant d'assumer les traits caractéristiques d'un Astréide.

On sait que la gemmiparité des Actinies consiste dans l'extension de leur base d'attache, soit aire abactinale, et la formation sur le bord de cette base de bourgeons qui finissent par se détacher. M. L. Agassiz a observé un mode analogue d'extension de la base d'un individu isolé chez divers genres de Fungides, d'Astréides, d'Oculinides et de Madrépores. Chez les *Siderastræa*, par exemple (que M. Agassiz place non point parmi les Astréides, mais bien parmi les Fungides à cause de la structure de leurs tentacules et de leur squelette), les masses larges et arrondies de ces Zoanthaires sont représentées d'abord par des disques minces,

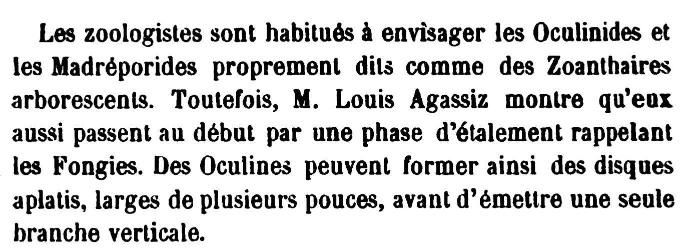
s'étendant par leur périphérie et n'augmentant que bien plus tard en épaisseur. Le genre Mycedium, qui constitue à l'état parfait une mince lame, peut être comparé, en faisant abstraction des particularités génériques, à un jeune polypier étalé de Siderastræa. Chez les Mycedium, le mode de croissance est fort simple. Une série d'exemplaires, recueillis par M. Pourtalès, enseigne que l'origine du polypier est un individu unique, dont le bord s'étale par degré; de ce bord bourgeonnent des individus additionnels, qui s'étalent à leur tour, tout en restant en connexion entre eux et avec l'individu central, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le polypier ait atteint ses dimensions habituelles. Si nous imaginons que les polypes unis entre eux pour former un Mycedium se mettent à croître verticalement en même temps qu'ils s'étendent et se multiplient horizontalement, nous aurons une Siderastræa. Il est intéressant de noter en outre, que le polype central primitif, d'où dérive toute la communauté du Mycedium, a, en petit, la forme d'une Fungie jusqu'au moment où de nouveaux individus bourgeonnent sur son pourtour. M. Agassiz possède de jeunes Mycedium qu'on pourrait parfaitement prendre pour de très-petites Fungies, telles que celles figurées par M. Stuchbury et M. Milne Edwards. On est donc en droit de considérer le genre Fungia comme une forme embryonnaire du type des Fungides, dès qu'on le compare aux Mycedium, aux Agaricia, aux Siderastræa. Les Fongies proprement dits doivent occuper, dans un système naturel, une position inférieure à celle des types plus complexes de la famille. Les très-jeunes Mycedium montrent des affinités avec les Turbinolia, en ce sens que les chambres interseptales sont ouvertes dans toute leur hauteur, sans montrer ni traverses, ni synapticules.

Chez les Astréides, la croissance primitive d'une communauté a lieu de la même manière que chez les Fungides. Les naturalistes ont l'habitude de considérer les masses hémisphériques de ces Zoanthaires comme résultant de la formation de bourgeons verticaux autour des individus qui

les ont précédés, et, par conséquent, entre ces individus. Ce mode d'accroissement a bien réellement lieu à une époque postérieure, mais ce n'est pas ainsi que la fondation de la communauté s'opère. Selon M. Agassiz, chez l'*Astræa annularis*, un Polype unique s'étend par l'élongation de ses dissépiments radiaires, à la manière d'un Mycedium, dans toutes les directions, et donne naissance aux distances voulues à de nouveaux centres, soit individus, disposés autour du premier; ces individus s'étalent à leur tour et ainsi de suite sans accroissement marqué en hauteur des individus nouveaux, jusqu'à ce que la communauté ait acquis un diamètre de plusieurs pouces. L'aspect du bord étalé de la jeune Astrée est si semblable à celui d'une jeune Fungia, que ce bord détaché des individus circulaires bien définis, qui occupent le centre du disque, serait pris sans hésitation pour un fragment de Fungia. Ce n'est qu'à une époque plus tardive qu'on voit chez l'*Astræa annularis* les membres de la communauté se développer verticalement, et que la communauté augmente de volume dans son ensemble par l'intercalation de nouveaux individus pour prendre la forme d'une masse hémisphérique.

Les Méandrines passent également par la phase d'un mince polypier étalé, et lorsqu'elles ont déjà atteint un diamètre d'un $^1/_2$ pouce, elles ont encore toute l'apparence d'une Fongie. A ce moment, l'extension marginale de la jeune Méandrine donne naissance à des groupes de cloisons rayonnantes, groupes distincts les uns des autres comme les collicules caractéristiques du genre *Hydrophore.* En réalité, la Méandrine passe de la phase de Fongie à une phase d'Hydrophore, et plus tard, lorsque le polypier a deux pouces de diamètre et que les murailles commencent à devenir sinueuses tandis que le bord s'étale toujours, elle prend l'apparence du genre Aspidicus, de la période crétacée. Elle ressemble, dans tous les cas, bien plus à un Hydrophore ou à un Aspidiscus qu'à un représentant adulte de son propre genre.





Les zoologistes sont habitués à envisager les Oculinides et les Madréporides proprement dits comme des Zoanthaires arborescents. Toutefois, M. Louis Agassiz montre qu'eux aussi passent au début par une phase d'étalement rappelant les Fongies. Des Oculines peuvent former ainsi des disques aplatis, larges de plusieurs pouces, avant d'émettre une seule branche verticale.

L'échelle de gradation relative que M. Louis Agassiz établit pour les polypes adultes, d'après les caractères fournis par le développement, correspond très-bien, selon ce savant, à l'ordre d'apparition de ces animaux dans la série des temps géologiques. Quant à la distribution bathymétrique des Zoanthaires, M. Agassiz remarque que les formes les plus inférieures (Turbinolides et Eupsamnides) sont caractéristiques des plus grandes profondeurs. Puis les Astréides leur succèdent, et enfin les Madrépores sont confinés bien plus près de la surface.

Les sondages américains ont fourni certains résultats fort remarquables au point de vue de l'histoire du globe. MM. Lutken, Verrill et Lyman ont déjà attiré à plusieurs reprises l'attention sur ce fait remarquable qu'il existe, surtout pour les Échinodermes, de très-grands rapports de faunes entre les deux côtés de l'isthme de Panama. Ce résultat s'accentue toujours davantage. M. Alex. Agassiz publie une liste comparative des espèces d'Échinides des deux côtés de l'isthme, liste comprenant la faune du Pérou jusqu'au golfe de Californie pour le Pacifique, et pour l'Atlantique, le golfe du Mexique, la Floride, la côte septentrionale de l'Amérique, les Indes Occidentales et les Bahamas. Or il résulte de l'examen de cette liste, qu'à l'exception de trois espèces de Panama, toutes les espèces (une vingtaine) de la côte occidentale sont remplacées par des espèces représentatives sur la côte orientale. Quant aux espèces de la côte orientale qui n'ont pas de représentants sur la côte du Pacifique, ce sont des espèces habitant les grandes profondeurs, draguées par M. Pourtalès, et en outre, ce qui est

fort singulier, un petit nombre d'espèces dont l'aire de distribution est si étendue d'ailleurs, qu'on peut les taxer de cosmopolites, puisqu'on les trouve partout dans la grande ceinture équatoriale Indo-Pacifique et dans la continuation, à l'ouest de l'Afrique, où elles empiètent même sur les régions tempérées des deux côtés de cette ceinture. Pour les Ophiurides, M. Lyman remarque aussi que la vaste faune Pacifique, commune aux eaux qui s'étendent de Zanzibar aux îles Sandwich, et de Loo Choo au groupe de Kingsmill, change de caractère près de Panama pour prendre partiellement un caractère caraïbe. Il cite quatorze espèce de Panama qui sont remplacées par des espèces représentatives dans la faune caraïbe, et il remarque expressément que si ces formes se trouvaient dans la même mer, on n'hésiterait pas à les considérer comme de simples variétés.

Ces observations prennent une grande importance lorsqu'on se reporte aux essais de différents auteurs pour esquisser les courants marins à une époque géologique antérieure à la nôtre. Tous s'accordent à admettre que jusqu'à la période crétacée un courant équatorial non interrompu formait une ceinture complète autour du globe, à travers l'Asie centrale, l'Arabie, la partie septentrionale de l'Afrique, atteignant le Pacifique par un détroit peu large, à travers l'isthme de Panama. M. Alex. Agassiz est convaincu de l'existence de cette interruption dans l'isthme, à l'époque crétacée, par la présence dans les terrains de l'isthme de Panama d'un Ananchyte, qu'on ne peut différencier de l'*Ananchytes radiata*. M. L. Agassiz donne aussi de son côté des raisons géologiques qui lui font admettre que les montagnes rocheuses et les Andes se sont, pour ainsi dire, donné la main à travers l'isthme, seulement à une époque post-crétacée. Il admet qu'avant le soulèvement de cette immense barrière, un courant Atlantique septentrional, cheminant du nord-est au sud-ouest, c'est-à-dire dans une direction inverse du Gulf-Stream actuel, continuait sans interruption sa marche dans le Pacifique. Si les choses se sont passées ainsi, les



ressemblances de faunes des deux côtés de l'isthme deviennent explicables. On peut alors se demander, avec MM. Alex. Agassiz et Lyman, si les différences de faune des deux côtes ne donnent pas une mesure des changements qu'ont subi les espèces depuis le soulèvement de l'isthme de Panama ; si ce soulèvement a été lent et graduel, il a forcément isolé les unes des autres les espèces spéciales aux grandes profondeurs à une époque bien plus ancienne que les espèces littorales. La conséquence en devait être que plus on descend dans la profondeur, moins les espèces représentatives doivent abonder. Ce résultat semble confirmé par les sondages exécutés dans les Indes occidentales. Cependant il faut ici une prudence extrême dans les conclusions, et les preuves négatives n'ont qu'une valeur bien secondaire. M. Lyman rappelle à ce sujet que, pour les Ophiures, les faunes de l'Europe septentrionale et tempérée d'une part, et du golfe du Mexique d'autre part, pouvaient être considérées, jusqu'à une époque récente, comme totalement différentes, puisque même les genres sont souvent différents. Et pourtant, deux expéditions simultanées, dans ces régions, ont rapporté, il n'y a pas longtemps, de la profondeur peu considérable de 75 brasses, une espèce nouvelle pour la science et commune aux deux côtes de l'Atlantique.

A la suite d'observations faites sur la nature pétrologique des différents dépôts en voie de formation, dans le Gulf-Stream, M. L'. Agassiz croit pouvoir conclure qu'aucune roche de la formation jurassique tout entière n'a pu se former aux dépens de matériaux semblables à ceux qu'on trouve dans les grandes profondeurs, le long des côtes américaines. Il pense donc que les roches du Jura et de l'Alpe souabe ont été déposées dans des eaux peu profondes. Ce savant compare le récif de la Floride avec le plateau corallien qui forme le bord américain du Gulf-Stream à la formation jurassique, telle qu'elle s'étend à travers l'Europe centrale, dans la direction du Causase et de l'Himalaya. Il reconnaît les mêmes relations entre les terrains jurassiques et les dé-

pôts plus anciens sur lesquels ils reposent qu'entre la formation corallienne moderne de la Floride et les parties plus anciennes du continent américain. Dans ce cas, la formation jurassique aurait pris naissance comme une ceinture marginale sous-marine autour d'un continent en croissance, de même que le plateau corallien de Floride, « plateau Pourtalès » forme une ceinture autour de la partie méridionale de l'Amérique du Nord.

En Norwége, M. G.-O. Sars a fourni d'importants compléments à ses précédentes recherches, soit par de nouveaux draguages exécutés cette fois dans le fjord de Christiania, soit par la description des crustacés recueillis dans cette nouvelle expédition et dans les sondages antérieurs des Lofodes.

Les fjords de Norwége forment en quelque sorte un monde à part, et leur faune est, à beaucoup d'égards, très-particulière et différente de celle de la mer voisine. Parmi les animaux marins qui s'y rencontrent, on est surpris de reconnaître des animaux inconnus sur la côte extérieure proprement dite, mais caractéristiques de latitudes bien plus septentrionales, de vraies formes boréales qu'on est habitué à ne voir apparaître que dans l'extrême nord, près du Groënland ou du Spitzberg. On doit considérer ces formes insolites comme des éléments étrangers mêlés à la faune norwégienne actuelle proprement dite. MM. Loven et Sars ont montré, on s'en souvient, que ce sont là les restes de la faune de l'époque glaciaire, faune qui s'est peu à peu retirée vers la région arctique, à mesure que les conditions physiques se modifiaient, et qui a été remplacée, pas à pas, par une faune plus méridionale (faune germanique). Aux temps glaciaires, la Norwége était couverte d'énormes glaciers, comme aujourd'hui le Groënland, et il est probable qu'un courant venant du pôle descendait alors le long de la côte norwégienne en sens inverse du Gulf-Stream actuel. Sur ce point, M. G.-O. Sars est exactement de la même opinion que M. Agassiz. Grâce à ce courant froid, la faune arctique se maintenait sur les côtes de



Norwége, sans mélange avec la faune germanique, limitée par les conditions de température bien plus au sud. Ce fait est attesté, comme nous l'avons rappelé ailleurs, par l'existence, dans certains points de la Méditerranée, du *Nephrops norvegicus* et de quelques autres animaux aujourd'hui communs dans la mer du Nord; comme aussi par la présence, dans les couches fossilifères récentes de Sicile, de nombreuses espèces actuellement caractéristiques de cette même mer du Nord. Lorsque les conditions physiques du globe se modifièrent au point de produire le Gulf-Stream, dirigé en sens inverse du courant polaire qui avait régné jusqu'alors sur les côtes de Norwége, la faune fut refoulée vers le nord et remplacée par la faune germanique. Que cette progression graduelle de la faune plus méridionale vers le nord dure encore aujourd'hui, c'est ce dont on peut fournir des preuves diverses. La faune germanique s'étend maintenant déjà bien au delà du cercle polaire, et l'on peut dire que la faune arctique commence seulement vers les Lofodes. Dans cet archipel elle est même mélangée d'un assez grand nombre de formes méridionales. Dans les fjords, très-profonds et très-étroits le changement de direction des courants marins n'a guère pu se faire sentir. Sans doute, il y a aussi des courants dans les fjords, mais ce sont des courants partiels qui ont probablement eu lieu à l'époque glaciaire comme aujourd'hui.

On peut admettre que deux facteurs ont agi pour amener ces déplacements de faune, à savoir la température de la mer et son degré de salure. A l'époque glaciaire, grâce au courant venant du pôle, la mer a dû offrir le long de la Norwége une température bien plus basse qu'aujourd'hui où cette côte est réchauffée par le Gulf-Stream; en outre la salure de l'eau doit avoir été moindre, par suite de la fusion des énormes masses de glace que les glaciers de Scandinavie déversaient continuellement dans la mer. Ces deux facteurs ont été évidemment favorables au développement de la faune arctique. Au contraire l'élévation de tem-

pérature et l'augmentation de salure qui ont accompagné l'apparition du Gulf-Stream ont été défavorables à cette faune. L'élévation de température a dû avoir comme première conséquence l'émigration des animaux vers les points les plus profonds de la mer qui sont les moins accessibles aux variations de température. Les modifications ont par conséquent dû être sensibles surtout pour la zone littorale qui aura échangé relativement assez vite son caractère arctique contre un caractère germanique. Dans les zones plus profondes le changement aura été bien plus lent, bien qu'il ait eu lieu aussi, puisque l'action du Gulf-Stream se fait sentir à une très-grande profondeur. Dans les fjords, vu leur profondeur et leur peu de largeur, cette action a dû être très-peu sensible, comme nous le remarquions plus haut. Elle consiste sans doute essentiellement en un réchauffement des couches superficielles, pendant les mois d'été, par suite du climat plus doux. Cela a suffi sans doute pour donner assez rapidement à la zone littorale, même dans les fjords, son caractère germanique, mais les zones plus profondes ont été assez peu influencées pour conserver encore aujourd'hui une prédominance des éléments arctiques de la faune. Les rivières qui descendent des Alpes scandinaves et se jettent dans les fjords ont pour résultat soit d'abaisser la température des couches les plus profondes de la mer, soit de diminuer la proportion du sel dissout, deux circonstances essentiellement favorables au développement de la faune arctique. Dans les mers méridionales ce n'est qu'à une extrême profondeur qu'on rencontre çà et là quelque forme arctique rabougrie, tandis que les profonds fjords de Norwége renferment des animaux arctiques non-seulement en grande abondance, mais encore pleins de vigueur et de taille aussi considérable que leurs confrères de la mer glaciale. Cette différence est amplement expliquée par les circonstances que nous venons de rappeler.

Cette existence d'une faune arctique dans les fjords a été mise en lumière principalement pour les mollusques par les



recherches de MM. Loven et Asbjörnsen. Puis en 1865, Michael Sars décrivit comme trouvés dans le fjord de Christiania près de Dröbak une série d'animaux qui sont vraisemblablement tous des formes arctiques, à savoir : 1 Crustacé, 2 Céphalophores, 4 Lamellibranches, 2 Tuniciers, 11 Annélides, 1 Holothuride et 2 Astérides. Ces animaux arctiques habitent tous les points les plus profonds de la localité, qui n'atteignent, il est vrai, que 120 brasses. Ces résultats ont encouragé M. G.-O. Sars à un examen attentif de la faune du fjord de Christiania, surtout dans quelques points où la profondeur est plus considérable que près de Dröbak. C'est ainsi que vers les îles des baleines (Hvalöerne) la profondeur atteint jusqu'à 230 brasses, mais sur un espace il est vrai très-étroit et interrompu. Un bassin plus étendu et d'une profondeur variant de 200 à 230 brasses s'étend entre Rauöe à l'est et Vallöe à l'ouest. C'est surtout là que M. G.-O. Sars a pratiqué ses nouvelles recherches, sans négliger pour cela un grand nombre d'autres points du fjord.

Le fjord de Christiania a eu jadis une étendue bien plus grande qu'aujourd'hui. On reconnaît ce fait aux nombreux bancs de coquillages qu'on rencontre à plusieurs milles de distance dans l'intérieur des terres et qui ont conservé d'une manière frappante le caractère d'anciens écueils. Il y a même de fortes raisons pour admettre qu'à l'époque glaciaire le fjord a pénétré jusqu'à 20 milles norwégiens plus avant dans les terres que maintenant. Le Mjösen, aujourd'hui entièrement dessalé, faisait alors partie du fjord, aussi a-t-il gardé des traces de l'ancienne faune arctique dans certaines formes qui se sont peu à peu habituées à l'eau douce (*Mysis oculata* et *Gammarus loricatus*), ainsi que les *Archives* l'ont enregistré il y a quelques années. Une autre preuve de l'exhaussement du sol à une époque récente a été reconnue par M. G.-O. Sars par l'existence d'une grande masse d'*Oculina prolifera* sur des bas-fonds près de Dröbak. Ces polypiers sont tous morts, et en effet on ne les trouve vivants, sur le reste de la côte de Norwége, qu'à partir d'une profondeur de 150

brasses et au delà. Il faut sans doute mettre en relation avec cet exhaussement, le fait qu'on trouve dans l'intérieur du fjord de Christiania, à des places relativement très-peu profondes, des espèces animales qui n'apparaissent qu'à une profondeur bien plus considérable sur le reste de la côte de Norwége. C'est ainsi qu'on trouve dans le voisinage immédiat de Christiania de nombreux Cumacés appartenant aux genres Dyastylis, Eudora, Leucon, Campylaspis qui paraissent être tous des habitants normaux des grandes profondeurs de la mer. On y trouve aussi le *Macrocypris minna*, ostracode très-caractéristique des grandes profondeurs.

Les recherches de M. G.-O. Sars ont été couronnées d'un plein succès. Elles ont fait connaître dans les parties profondes du fjord de Christiania une riche faune d'espèces connues comme arctiques et en outre de nombreuses espèces nouvelles. Le catalogue en est trop considérable pour pouvoir être cité ici.

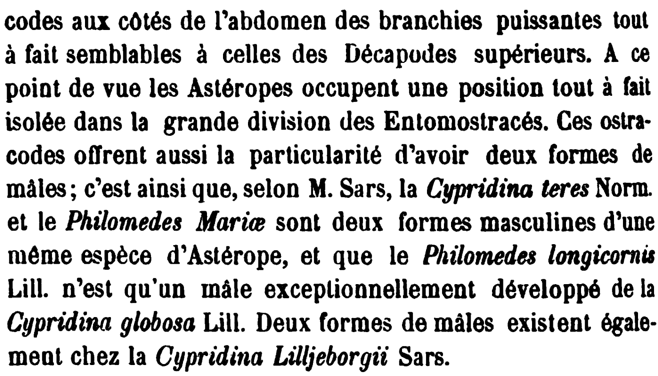
Une localité qui offre un intérêt tout spécial est la partie interne du Drammens fjord qui n'est en communication avec le fjord de Christiania que par le Svelvig, rivière dépourvue de profondeur et qui n'a que la largeur d'un jet de pierre. Ce fjord forme donc un bassin aujourd'hui parfaitement isolé, long de près de trois milles norwégiens, dont la profondeur se maintient partout entre 50 et 70 brasses. Le Drammen, rivière considérable, débouche dans le fjord et y déverse une quantité d'eau telle que la couche d'eau superficielle est parfaitement douce toute l'année durant. Il est donc probable que le soulèvement lent de la contrée continuant de s'opérer d'une manière régulière, ce bassin prendra de plus en plus le caractère d'un lac intérieur. Déjà on y rencontre jusqu'à la profondeur d'une ou deux brasses tout une faune de poissons d'eau douce (divers Cyprins) et d'entomostracés d'eau douce. A une plus grande profondeur, où l'eau est encore salée, on rencontre au contraire une faune marine, il est vrai très-pauvre, mais à empreinte arctique très-marquée.

La Drammensfjord offre donc la particularité remarquable d'une faune lacustre superposée à une faune marine.

Parmi les nombreux crustacés nouveaux recueillis par M. G.-O. Sars il en est quelques-uns qui méritent d'être mentionnés ici pour des particularités très-exceptionnelles. Citons d'abord l'*Apseudes anomalus*, isopode distingué par l'existence de deux formes de mâles. On sait que M. Fritz Müller a déjà décrit une particularité toute semblable chez une espèce de Tanaïs des mers du Brésil. Le mâle le plus commun de l'*Apseudes anomalus* ressemble tout à fait à la femelle, sauf que les deux premières paires de pieds sont beaucoup plus vigoureuses. La seconde forme de mâle s'éloigne au contraire de la femelle par plusieurs caractères. Les deux premières paires de pieds deviennent en particulier énormes, et la surface externe des antennes antérieures est ornée de nombreux faisceaux de soies sensitives ; en outre les pièces buccales sont très-faibles. Dans sa diagnose, M. Sars indique la première forme comme étant le jeune âge de la seconde ; mais plus loin il y explique plus complétement sa pensée, en ajoutant que la première interprétation n'est peut-être pas tout à fait correcte. M. Sars considère le mâle qui ressemble beaucoup à la femelle comme étant la forme normale, il conserverait dans la règle la même apparence toute la vie durant, mais exceptionnellement il pourrait se transformer vers la seconde forme. La même chose aurait lieu chez les Cumacès, où il existe aussi, selon M. Sars, deux sortes de mâles. La forme qui ressemble le plus aux femelles se trouve avec ces dernières toute l'année durant. La seconde forme est bien plus rare et paraît ne se montrer qu'à certaines époques de l'année ; elle se distingue entièrement des femelles non-seulement par la forme de sa carapace, mais encore par ses antennes postérieures longues et minces, par la grandeur de ses yeux et par le grand développement de ses palpes natatoires et de ses pieds abdominaux. M. Sars a observé des faits analogues chez un amphipode, la *Pontoporдia affinis* Lindsl.

M. Sars a poursuivi le développement d'un Ancée (*A. oxyuræus*) dont il a trouvé soit les femelles, soit les mâles, soit enfin les larves (Praniza) à 40 ou 60 brasses de profondeur près de Valloë. Il a vu les embryons se former dans l'œuf exactement comme chez les autres isopodes : les rudiments de tous les appendices du corps apparaissent en particulier de très-bonne heure dans la membrane vitelline. Ce fait est très-digne d'attention, parce qu'il est en contradiction avec l'assertion de M. Hesse qui, dans son mémoire sur les Praniza et les Ancées, représente les jeunes individus comme quittant l'œuf dans un état de développement très-imparfait, où ils rappellent la phase de Nauplius des Copépodes. Selon M. Sars les yeux composés apparaissent dans l'œuf d'aussi bonne heure que les autres appendices, sous la forme de deux grosses expansions hémisphériques sur les côtés de la tête et il n'est pas possible de rien voir qui ressemble à l'œil médian impair des Copépodes, tandis que selon M. Hesse cet œil impair serait le seul organe visuel des embryons d'Ancée. Dans les figures de M. Hesse le corps de l'embryon n'est composé que de deux régions, un céphalothorax, avec cinq paires d'appendices simples et coniques, et un abdomen échancré en demi-lune en arrière et dépourvu d'appendices. Les embryons étudiés par M. Sars permettaient au contraire de reconnaître distinctement les trois régions du corps; leurs pieds étaient divisés normalement en articles, et tous les pieds abdominaux étaient formés avec leurs doubles plaques natatoires. Ces différences sont si considérables que M. Sars pense devoir admettre une erreur dans les observations de M. Hesse. Ce savant aurait pris les œufs d'un Copépode parasite d'une Praniza pour des œufs d'Ancée.

Citons enfin les remarquables observations de M. G.-O. Sars sur des Ostracodes du genre *Asterope* Phil. Divers auteurs ont réuni ce genre aux Cypridines, mais M. Sars montre qu'il s'en éloigne par un caractère si important qu'on pourrait être tenté de lui attribuer une valeur plus grande que celle d'un genre. Il existe en effet chez ces Ostra-



codes aux côtés de l'abdomen des branchies puissantes tout à fait semblables à celles des Décapodes supérieurs. A ce point de vue les Astéropes occupent une position tout à fait isolée dans la grande division des Entomostracés. Ces ostracodes offrent aussi la particularité d'avoir deux formes de mâles; c'est ainsi que, selon M. Sars, la *Cypridina teres* Norm. et le *Philomedes Mariæ* sont deux formes masculines d'une même espèce d'Astérope, et que le *Philomedes longicornis* Lill. n'est qu'un mâle exceptionnellement développé de la *Cypridina globosa* Lill. Deux formes de mâles existent également chez la *Cypridina Lilljeborgii* Sars.

L'analyse qui précède montre que les dernières expéditions chargées d'exécuter des sondages à de grandes profondeurs ont mis en lumière une foule de faits d'une haute importance scientifique. Nous ne pouvons donc que féliciter l'amirauté anglaise de préparer une nouvelle expédition qui cette fois prendra la Méditerranée comme champ de recherches. E. C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Par suite du décès de M. Bruderer, astronome-adjoint de l'Observatoire de Genève, nous sommes forcés d'ajourner la publication des tableaux météorologiques de Genève et du Grand Saint-Bernard.


chives des Sciences phys. et nat. 1871, t. XLI.
Pl. I.
Protubérances Solaires observées à Genève le 25 Avril 1871.
Fig. 1.
Fig. 2.
a.
2h 30m
Fig. 3.
2h 41m
e
b
2h 32m
2h 45m
f
c
2h 36m
2h 47m
g
d
2h 39m
2h 50m
h

NOTE

SUR LA

CONSTITUTION DU LAIT ET CELLE DU SANG

PAR M. DUMAS

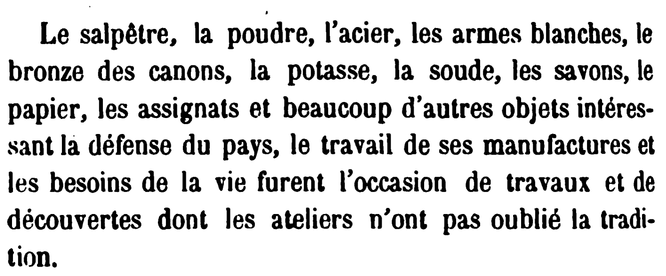
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

(Lue à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, séance du 4 mai 1871.)

Pendant les années les plus pénibles de la première Révolution française, l'ancienne Académie des sciences de Paris ayant été supprimée, ses membres n'en continuèrent pas moins leur concours patriotique aux travaux réclamés par les besoins nouveaux du pays. L'histoire leur en a tenu compte. Elle associe les noms des principaux d'entre eux à ceux des administrateurs et des généraux illustres, qui firent respecter alors l'intégrité du sol français.

Les Rédacteurs des Annales de chimie, qui avaient été obligés de suspendre leur publication, sous la terreur, eurent, en la reprenant, l'heureuse inspiration de réunir en deux volumes, tous les mémoires ou rapports, dont les académiciens avaient été chargés. On apprécie d'un coup d'œil, en les parcourant, l'importance des questions qui leur furent adressées, l'insuffisance des moyens dont ils disposaient en ces temps troublés, et le mérite des solutions pratiques qu'ils offrirent au pays, comme fruit de leurs études antérieures ou de leurs expériences improvisées.





Le salpêtre, la poudre, l'acier, les armes blanches, le bronze des canons, la potasse, la soude, les savons, le papier, les assignats et beaucoup d'autres objets intéressant la défense du pays, le travail de ses manufactures et les besoins de la vie furent l'occasion de travaux et de découvertes dont les ateliers n'ont pas oublié la tradition.

Le siége de Paris par l'armée prussienne ne devait pas se prolonger assez longtemps, disait-on, pour soulever des questions du même ordre, et cependant, il a fallu, comme au temps de nos pères, rechercher les terres salpêtrées, produire de la poudre, fabriquer de l'acier et le mettre en œuvre, trouver du bronze et fondre des canons; nous aussi, nous avons manqué de papier et d'un grand nombre d'objets usuels.

Des études considérables, quoique rapides, ont été accomplies et il sera utile autant que juste de n'en pas laisser perdre le souvenir. Je me suis occupé à réunir les matériaux de cette publication, et je l'effectuerai dès que les circonstances le permettront.

Parmi les privations que nos pères n'avaient pas connues du moins dans leur plus cruelle intensité, celles qui ont causé les souffrances les plus décisives à la population actuelle se rapportent à l'absence de combustible, qu'un hiver exceptionnellement rigoureux rendait intolérable et meurtrière; à la pénurie de lait et d'œufs, cause certaine du décès prématuré d'un grand nombre de jeunes enfants; à l'épuisement, enfin, de l'approvisionnement en blé, en farine et en viande qui, rendant la capitulation de Paris inévitable, en a marqué le jour précis.

Trois questions qui ont occupé l'esprit de tout homme

curieux de prévoir l'avenir de la science, ont donc été sans cesse présentes à la méditation des savants enfermés dans Paris, non comme rêves lointains dans lesquels l'imagination se complaît et se joue, mais comme prières désespérées d'un peuple aux abois.

1° Obtenir de la chaleur pratique, sans combustible;

2° Reconstituer des aliments avec des matières minérales sans le concours de la vie;

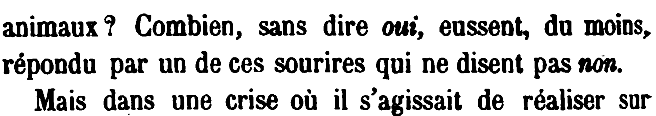
3° Reproduire du moins les aliments essentiels de l'homme avec des matières organiques non alimentaires.

L'homme qui se chauffe avec un combustible, fourni, soit par la végétation actuelle, soit par des restes de l'ancienne végétation du globe; qui se nourrit avec des produits retirés des plantes ou des animaux et qui, sous ces deux rapports, demande tout à la vie, pouvait-il se passer de la vie pour obtenir son combustible et ses aliments? Les forces seules de la science lui suffisaient-elles pour s'assurer, dans cette urgence, des satisfactions qu'il ne devait plus demander aux forces de la nature vivante?

Telle était la question. Posée en pleine paix, au sein de l'abondance, elle eût obtenu, peut-être, plus d'une réponse affirmative. Les progrès des sciences physiques ont été si éclatants! On est si disposé à s'exagérer leur pouvoir! L'électricité ouvre des perspectives si séduisantes! La synthèse a produit tant de merveilles entre les mains des chimistes!

Si l'échéance n'eût pas été si prochaine, que la question eût été soulevée comme thèse philosophique et qu'on eût dit aux physiciens et aux chimistes, n'est-ce pas que vous sauriez bien, s'il le fallait, fournir à l'homme la chaleur et les aliments, sans recourir aux plantes ou aux





animaux ? Combien, sans dire *oui*, eussent, du moins, répondu par un de ces sourires qui ne disent pas *non*.

Mais dans une crise où il s'agissait de réaliser sur l'heure ce qu'on aurait laissé espérer, on se montra réservé ; les solutions radicales furent ajournées et il ne fut question ni de chauffer Paris sans combustible, ni de le nourrir sans aliments organiques.

Ne pouvait-on pas convertir du moins en aliments des matières organiques habituellement dédaignées et remplacer ainsi, par d'habiles combinaisons de matériaux communs encore, des produits naturels qu'on ne pouvait plus se procurer ?

Mon dessein n'est pas de rappeler quelles viandes furent servies sur les tables, quelles ressources on fut conduit à demander au sang et aux débris des abattoirs ordinairement délaissés, aux os, aux pieds et même à la peau des bestiaux abattus. Je ne veux pas examiner davantage comment furent remplacés le beurre et le saindoux bientôt épuisés. Parmi ces industries improvisées, les unes ont disparu avec les circonstances qui les faisaient naître, les autres ont laissé d'utiles enseignements.

Je veux traiter seulement une question spéciale, dont la solution engageait certains principes qu'il me paraît important de sauvegarder. Ne pouvait-on pas venir en aide aux souffrances des nouveaux-nés, en remplaçant le lait qu'on n'avait plus, par quelque émulsion sucrée ? Il ne s'agissait point, en ce cas, de chimie créatrice, mais seulement de chimie culinaire. Aussi les recettes n'ont-elles pas manqué, reproduisant toutes un liquide albumineux, du sucre et un corps gras émulsionné.

A titre de succédané provisoire, ce lait factice méritait d'être accueilli. Mais on trouvait quelquefois dans les au-

teurs de ces propositions une telle conviction, qu'on était bien forcé de redouter pour l'avenir les effets de leur bonne foi. Celle-ci était de nature à faire de trop nombreux prosélytes, au grand dommage des nourrissons et au grand profit des trafiquants de lait. Comment ces derniers eussent-ils gardé le moindre scrupule, lorsqu'on leur apprenait à fabriquer une émulsion, qu'ils voyaient recommandée aux consommateurs et aux mères elles-mêmes, comme l'équivalent réel du lait?

Les services rendus pendant le siége par le lait concentré, ont été trop sérieux, pour qu'on ait besoin d'excuse dans le pays qui le produit, si on insiste sur la préférence toujours due au lait naturel, ainsi que sur les caractères qui ne permettent pas jusqu'ici de confondre avec le produit véritablement sécrété, un liquide laiteux artificiel, quel qu'il soit.

Le lait naturel constitue un liquide renfermant des sels, du sucre, du caséum en dissolution et des globules gras en suspension. Examinons d'abord si on peut imiter ces globules gras, en divisant ou émulsionnant une matière huileuse ou grasse dans un liquide visqueux.

Je crois avoir établi expérimentalement le contraire, il y a quelques années, en faisant voir que les globules de la matière grasse du lait sont défendus contre certaines réactions physiques ou chimiques par une véritable enveloppe membraneuse. Admise par les uns, contestée par d'autres, l'existence de cette membrane me paraissant, quant à moi, réelle et démontrée, il ne pouvait pas être question, à mon avis, de confondre une émulsion factice, à globules gras nus, avec le lait des mammelles, offrant des globules gras, enveloppés d'une membrane, véritables cellules libres, remplies de beurre, analogues aux cellules soudées des tissus adipeux.





On prouve l'existence de cette membrane par deux expériences chimiques.

La première repose sur la propriété que l'éther sulfurique possède de dissoudre les matières grasses et de ramasser celles qui sont en suspension dans les liquides, pourvu qu'elles y soient libres. Or, si après avoir agité dans un tube du lait frais et de l'éther, on les abandonne au repos, l'éther surnage, sans avoir rien dissous, et le lait reprend sa place au-dessous de lui, sans avoir rien perdu de son apparence ou rien cédé de sa matière butyreuse.

Soumis d'avance à l'action de l'acide acétique qui est propre à dissoudre l'enveloppe de ses globules gras, le lait, agité avec l'éther, perd au contraire son opacité et cède son beurre à ce liquide, dans lequel on le retrouve.

Une épreuve inverse conduit aux mêmes conclusions. Un sel neutre, tel que le sulfate de soude, ajouté au lait, permet de le filtrer et de retenir sur le filtre les globules butyreux, tandis que la sérosité s'écoule parfaitement limpide et claire. Si on continue les lavages avec de l'eau salée, on peut débarrasser ces globules de tous les produits solubles du sérum. Or, si le beurre était formé de simples globules gras, il ne resterait alors avec eux aucune trace de matière albumineuse ou caséeuse. Mais, quelque soin qu'on mette à prolonger les lavages, on retrouve toujours avec la matière grasse une proportion telle de substance albuminoïde, qu'on ne peut mettre en doute qu'elle y soit demeurée sous la forme de ces enveloppes ou cellules qui constituent les globules de beurre.

Le microscope, d'ailleurs, met en évidence la constitu-

tion des globules du beurre et y décèle la présence constante de ces enveloppes. Il suffit d'écraser, par exemple, les globules du lait, au moyen du compresseur, pour se convaincre qu'après l'épanchement de la matière grasse, la cellule butyrique n'en a pas moins conservé sa forme et son contour, attestant ainsi que le contenant et le contenu ont chacun leur existence distincte.

Par ces motifs et par beaucoup d'autres encore, car aucun chimiste consciencieux ne pourrait affirmer que l'analyse du lait ait fait connaître tous les produits nécessaires à la vie, que cet aliment contient, nous devons renoncer, quant à présent, à la prétention de faire du lait, et surtout nous abstenir d'assimiler à ce produit des émulsions quelconques.

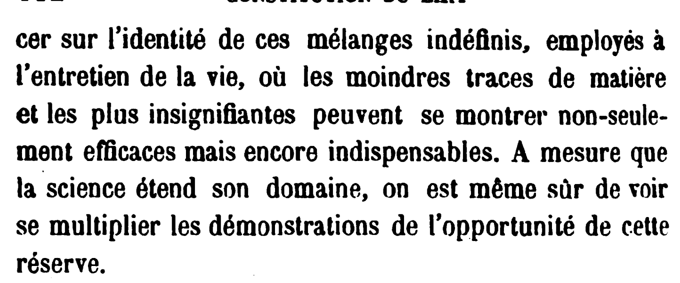
Du reste, on ne saurait mettre trop de réserve, quand il s'agit de prononcer sur l'identité de deux produits, l'un naturel, l'autre factice, s'ils ne sont pas cristallisables ou volatils, c'est-à-dire définis.

Nous ne pouvons jamais affirmer que nous ayons reproduit une eau minérale ou l'eau de mer, par exemple. Qu'il soit question de fumier pour les plantes ou d'aliments pour l'homme et les animaux, la même réserve n'est-elle pas commandée à plus forte raison ?

Ces mélanges naturels indéfinis contiennent des substances que l'analyse la plus grossière découvre; d'autres moins caractérisées ou plus rares, qu'une chimie délicate y fait seule connaître ; d'autres enfin, et les plus essentielles peut-être, qui nous échappent encore, soit qu'elles existent en proportions infiniment faibles, soit qu'elles appartiennent à des corps qui n'ont pas été distingués jusqu'ici des autres espèces chimiques.

Il est donc toujours prudent de s'abstenir de pronon-





cer sur l'identité de ces mélanges indéfinis, employés à l'entretien de la vie, où les moindres traces de matière et les plus insignifiantes peuvent se montrer non-seulement efficaces mais encore indispensables. A mesure que la science étend son domaine, on est même sûr de voir se multiplier les démonstrations de l'opportunité de cette réserve.

Parmi les beaux travaux exécutés en France par les continuateurs de l'œuvre qui a rempli la vie de l'illustre Théodore de Saussure, on placera toujours aux premiers rangs la thèse importante de M. Raulin sur la végétation de l'*Aspergillus niger*. Toutes les conditions de la vie de cette mucédinée ont été si bien déterminées par l'auteur qu'on peut la cultiver avec précision dans un sol formé d'espèces chimiques définies, comme s'il s'agissait de la formation d'un composé et qu'une fois le terrain semé, on peut suivre la transformation ou l'emploi de chacun des éléments dont elle a besoin pour vivre, ainsi que s'il s'agissait du développement d'une équation chimique ordinaire.

Eh bien! qui aurait prévu que l'*Aspergillus niger*, qu'on va voir apparaître sur une tranche de citron exposée à l'air, par exemple, avait besoin pour la plénitude de son existence de traces d'*Oxyde de Zinc?* Comment douter dès lors que, s'il s'agit de végétaux plus élevés et surtout d'animaux, outre leurs aliments grossièrement appréciables, il leur faut aussi des traces de bien d'autres aliments, plus finement utilisés, mais non moins nécessaires?

On a souvent comparé le lait aux œufs sous le rapport chimique ainsi que sous le rapport physiologique. Ils ont également pour mission de fournir au jeune animal la

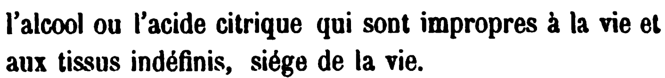
nourriture du premier âge et ils ont comme caractère commun d'offrir réunies une matière grasse, une substance albuminoïde, une matière sucrée ou féculente et des sels.

Mais l'œuf possède une vitalité, une organisation que la chimie ne met point en évidence et que l'anatomie la plus minutieuse serait impuissante à déceler. Si la fécondation n'avait rendu manifeste, par les phénomènes rapides de segmentation qui s'y accomplissent, que la masse du jaune d'un œuf est douée de vie et qu'elle obéit à l'impulsion du germe vivant qui s'en empare, nous en serions encore à ignorer que le jaune de l'œuf n'est pas une simple émulsion de matière grasse inerte.

Le lait n'est-il pas dans le même cas? On est disposé à le croire quand on voit que le jaune d'œuf et le lait ont la même destination, la même configuration et que si le jaune obéit à l'action du germe qui s'en nourrit, le lait de son côté se montre singulièrement prêt à recevoir et à nourrir les germes de plus d'un genre qui, l'ayant atteint se développent et vivent à ses dépens.

Le pouvoir de synthèse de la chimie organique en particulier et celui de la chimie en général ont donc leurs limites. Le siége de Paris aura bien prouvé que nous n'avons aucune prétention à faire du pain ou de la viande de toutes pièces et que nous devons laisser encore aux nourrices la mission de produire le lait. Si quelques illusions ont pu se glisser à ce sujet dans l'esprit de personnes mal informées de l'état vrai de la science, elles tiennent au jeu de mot dangereux, auquel se prêtent les expressions *Chimie organique, Substances organiques,* appliquées indifféremment aux composés définis comme





l'alcool ou l'acide citrique qui sont impropres à la vie et aux tissus indéfinis, siége de la vie.

Les premiers, étrangers à la vie, véritables espèces chimiques, sont les seuls que la synthèse ait reproduits. Les seconds, qui ne peuvent se former que sous l'impulsion d'un germe vivant et qui reçoivent, conservent et transportent les forces de la vie, ne sont pas des espèces définies; la synthèse des laboratoires ne les atteint pas. La seule synthèse qui ait été jusqu'ici observée pour les matériaux chimiques, constituant les tissus vivants, est celle que détermine sur la matière brute la présence et l'impulsion d'un germe vivant lui-même.

Toutes les synthèses chimiques, d'ailleurs si dignes d'intérêt, qu'on a signalées comme reproduisant des matières organiques, n'ont donc en réalité reproduit que des matières impropres à la vie, c'est-à-dire, minérales. De toute matière vivante ou ayant vécu, il faut donc dire encore, soit qu'on parle en chimiste, soit qu'on parle en physiologiste, ce qu'on en disait autrefois: *Omne vivum ex ovo.* Ce qui n'est point la vie, n'a rien ramené à la vie.

Relativement à la constitution du lait, on s'est quelquefois servi des phénomènes que présente l'épuration du beurre comme moyen, tantôt de démontrer, tantôt de combattre l'existence des membranes qui enveloppent les globules butyreux. Je ne puis considérer ces phénomènes comme ayant aucune valeur à ce sujet, quant à présent.

On a dit, par exemple, que la séparation du beurre résultait de la formation de l'acide lactique provenant de l'action de l'air, favorisée par le barattage. Des expériences nombreuses, effectuées dans mon laboratoire sur

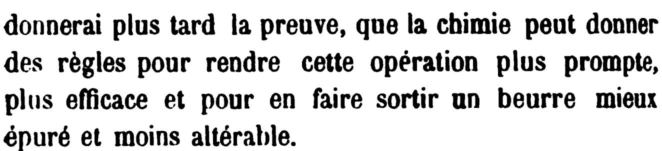
une échelle pratique, ont démontré que le beurre se sépare aussi promptement et au moins aussi abondamment d'un lait qui a reçu une forte addition de bicarbonate de soude que d'un lait naturel. La réaction alcaline du premier qui se maintient pendant l'opération et après son terme n'influe ni sur sa durée ni sur son rendement. La proportion de beurre semble en avoir été augmentée, bien loin de s'en trouver réduite.

La formation de l'acide lactique n'est donc pas nécessaire à la séparation du beurre, qui me paraît due à des causes purement mécaniques. Tel est du moins le sentiment qu'on éprouve lorsqu'on examine au microscope le lait soumis au barattage pendant que l'opération s'accomplit. Les premières gouttes d'essai n'offrent rien de particulier; les globules de beurre conservent leur forme, leur dimension et leur aspect. Bientôt, on voit apparaître des îles irrégulières butyreuses, au milieu de globules restés inaltérés. Ces îles de beurre s'accroissent en nombre et en étendue, à mesure que l'opération avance. Elles font boule de neige, se soudant entre elles et s'agglomérant de manière à constituer enfin la masse de beurre, but de l'opération.

L'agglomération des globules butyreux, en un bloc de beurre, serait une véritable régélation, s'il n'y avait pas de membrane autour d'eux. L'existence de celle-ci oblige d'admettre qu'elle doit se rompre et que tel est le but des chocs répétés qu'on fait subir au liquide, pour que le beurre épanché puisse se souder aux parcelles ou aux agglomérations grasses qui se rencontrent sur son chemin.

S'il est vrai que la séparation du beurre soit un phénomène purement mécanique, il ne l'est pas moins, j'en





donnerai plus tard la preuve, que la chimie peut donner des règles pour rendre cette opération plus prompte, plus efficace et pour en faire sortir un beurre mieux épuré et moins altérable.

Je termine cette communication par quelques détails sur une autre nature de phénomènes vers lesquels la situation hygiénique des habitants de Paris assiégé tournait trop naturellement la pensée. Que se passait-il dans les tissus de cette population privée de légumes frais, de fruits, de laitage, de poisson, de viande fraîche ? Quels changements le sang éprouvait-il sous l'influence de ce régime et comment devaient-ils se manifester ?

Il y a quelques années, j'avais préparé des expériences ayant pour objet de reconnaître s'il s'effectue entre les liquides intérieurs que les globules du sang renferment et les liquides du sérum, des échanges par endosmose et exosmose. Si ces échanges étaient faciles, prompts, on pouvait en constater l'existence. Les démontrer, c'était reconnaître par quelles voies, la constitution des globules du sang peut être altérée et viciée, rétablie ou régénérée.

Je n'ai jamais terminé ces expériences, mais je me suis souvent appuyé des vues qui me dirigeaient pour faire comprendre à mes auditeurs dans mes cours de la Faculté de médecine, comment certaines altérations du sang pouvaient être interprétées.

Il faut expliquer peut-être ce qui m'avait arrêté.

Rien n'est moins facile que de comparer le sérum et les globules d'un sang normal avec le sérum et les globules du même sang modifié par l'intervention d'une substance capable de changer le sens ou l'intensité des pouvoirs d'endosmose entre les globules et le sérum.

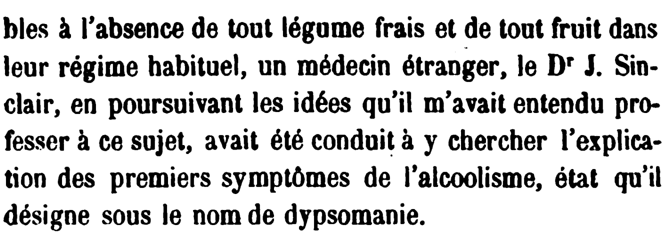
Dans le sang d'un animal vivant, les globules suspendus dans le liquide peuvent absorber ou perdre quelques-uns de leurs éléments, si l'on vient à changer la constitution du sérum, mais combien de temps durera le phénomène ? Si la substance ajoutée gêne, elle sera éliminée; de leur côté, les veines absorberont des liquides destinés à rétablir l'équilibre et l'expérience sera bientôt tellement altérée, que les petites différences qu'il s'agissait de mesurer, disparaîtront, évanouies devant de grosses complications.

Au contraire, vient-on à retirer le sang du corps de l'animal et à le partager en deux parties bien équilibrées, l'une destinée à servir de terme de comparaison, l'autre destinée à recevoir les substances modificatrices du pouvoir d'endosmose, la coagulation et ce que j'ai appelé l'asphyxie et la mort des globules ôteront bientôt tout espoir d'arriver à des résultats certains.

Il fallait donc recevoir le sang dans un vase, s'opposer à sa coagulation et remplacer, à son égard, le jeu du cœur ainsi que le jeu du poumon, c'est-à-dire tenir le sang en mouvement et l'offrir très-divisé à l'action de l'oxygène ou de l'air. J'ai disposé un appareil qui satisfait à ces conditions. Il permettra de reconnaître comment agissent l'alcool, les sels neutres de soude ou de potasse, le sucre, etc., ajoutés au sérum et comment les liquides intérieurs contenus dans les globules peuvent se modifier sous leur influence, soit en quantité, soit en nature.

Pendant que je poursuivais ces vues, préoccupé de l'invasion évidente du scorbut dans l'état général de la santé des habitants de Paris vers la fin du siége et que je cherchais à suppléer par des moyens encore applica-





bles à l'absence de tout légume frais et de tout fruit dans leur régime habituel, un médecin étranger, le Dr J. Sinclair, en poursuivant les idées qu'il m'avait entendu professer à ce sujet, avait été conduit à y chercher l'explication des premiers symptômes de l'alcoolisme, état qu'il désigne sous le nom de dypsomanie.

De même que le scorbut aurait pour cause première un appauvrissement du sérum en sels de potasse et une surcharge en sels de soude qui favorise l'exosmose de la potasse des globules et par suite leur destruction, de même l'alcoolisme aurait pour point de départ la présence de l'alcool dans le sérum du sang et ses effets sur les globules.

L'alcool ajouté au sérum détermine un mouvement d'exosmose de l'intérieur des globules au sérum. Les globules perdent une partie de leurs liquides constitutifs et cette altération, qui en amène d'autres, se reproduit sans doute dans les cellules des divers tissus que viennent baigner des liquides alcoolisés.

Ce que j'ai l'intention de constater aujourd'hui, c'est que dans le sang en particulier et dans tout organisme vivant, de constitution analogue, c'est-à-dire formé par des cellules ou utricules remplies d'un liquide et nageant dans un liquide ou baignés par lui, il suffit d'altérer, même faiblement, la composition chimique du liquide extérieur pour que celle du liquide intérieur se modifie par endosmose ou exosmose.

Dès qu'il me sera permis de reprendre possession de mon Laboratoire, si je dois jamais le retrouver, je me propose de poursuivre le développement et l'application de ce principe, soit pour mettre en évidence les effets produits par l'action du sel marin, de l'alcool, etc., sur le

sang, soit pour montrer combien est rapide celle de quelques agents dont j'ai déjà examiné l'action, sur la constitution des globules.

En attendant, j'ai cédé au désir de votre éminent Président, et je dépose sur le bureau l'exposé de ces études que le temps pourra faire fructifier soit dans mes mains, soit dans des mains plus habiles. C'est un hommage que ma vieillesse aime à rendre à cette société bienveillante, qui, après avoir guidé, en 1816, ma jeunesse et mes premiers pas dans la carrière, m'offre en 1871, pour la seconde fois, à un demi-siècle de distance, l'asile de son amicale hospitalité, dans des circonstances douloureuses pour mon pays.





DE L'INFLUENCE
EXERCÉE
PAR LA DENSITÉ ET LA TEMPÉRATURE
SUR
LES SPECTRES DES GAZ INCANDESCENTS

PAR

M. F. ZŒLLNER [1].

1.

Tout corps gazeux considéré au point de vue des rayons qu'il émet, peut présenter deux états en apparence essentiellement différents. Dans l'un de ces états, les rayons se dispersent sous la forme d'un spectre *discontinu,* présentant des maxima de clarté très-prononcés, dans l'autre ils produisent un spectre *continu.*

Ces deux états, comme les états d'agrégation, sont fonctions de la pression et de la température seulement. Les recherches de M. Frankland, de M. Wüllner et d'autres ont prouvé que, d'une manière générale, par suite de l'élévation de la température et de la pression, un corps passe de l'état dans lequel il fournit un *spectre discontinu* à celui dans lequel il donne un *spectre continu.* La *transparence du corps incandescent* existe dans les deux états. Cette transparence rapprochée d'une propriété particulière de la fonction, que M. Kirchhoff a désignée par *J* dans son mémoire : « *Sur le rapport entre le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant des corps pour la chaleur*

[1] *Poggend. Annalen,* CXLII, p. 88. Traduction.

et la lumière[1], » suffit, je crois, pour expliquer les phénomènes suivants :

1. L'élargissement que les lignes des spectres discontinus des gaz subissent par suite de l'augmentation de la pression.

2. La transformation d'un spectre discontinu en spectre continu par l'augmentation de la pression.

3. La continuité des spectres des corps incandescents à l'état solide ou liquide.

4. L'influence qu'exerce la pression sur le rapport existant entre les intensités de deux lignes spectrales.

5. L'influence de la température sur la production des spectres d'ordres différents.

2.

Soit : E_λ une quantité de lumière homogène, dont la longueur d'ondulation est λ, émise normalement et sous une épaisseur égale à l'unité par l'unité de surface d'une couche de gaz lumineux, plane et infinie.

A_λ la quantité de lumière de la même longueur d'ondulation, absorbée par cette couche et estimée en fractions de la quantité de lumière incidente.

Si l'on suppose maintenant un nombre quelconque m de couches semblables, superposées les unes aux autres et que l'on calcule la quantité de lumière $E_{\lambda m}$ qui est émise perpendiculairement par l'unité de surface de la couche d'épaisseur m ainsi formée, on obtient, pour exprimer cette quantité de lumière, l'équation :

$$E_{\lambda m} = \frac{1-(1-A\lambda)^m}{A_\lambda} \cdot E_\lambda \quad \ldots . \; (1)$$

[1] *Poggend. Ann.*, CIX, p. 291. — *Annales de Chimie et de Phys.*, 1861, tome LXII, p. 160.



Si E_{λ_1} et A_{λ_1} représentent les quantités correspondantes pour une longueur d'ondulation λ_1 qui ne diffère que très-peu de la précédente, de telle façon que dans le spectre produit par la dispersion de la lumière provenant de la couche de gaz en question, λ et λ_1 correspondent à deux parties *très-rapprochées* l'une de l'autre, on a :

$$E_{\lambda_1 m} = \frac{1-(1-A\lambda_1)^m}{A\lambda_1} E_{\lambda_1}.$$

Il n'est pas nécessaire de mentionner d'une manière spéciale que dans le cas particulier, où la largeur des parties du spectre que l'on compare, ne doit pas être infiniment petite, il faut considérer les valeurs λ et λ_1 comme des valeurs moyennes des bandes lumineuses étroites du spectre, qui confinent les unes aux autres.

Pour représenter le rapport de clarté de ces parties voisines du spectre, en posant

$$\frac{E\lambda}{A\lambda} = J_\lambda \text{ et } \frac{E\lambda_1}{A\lambda_1} = J_{\lambda_1}$$

on obtient :

$$\frac{E\lambda_m}{E\lambda_1 m} = \frac{[1-(1-A\lambda)^m] J\lambda}{[1-(1-A\lambda_1)^m] J\lambda_1} \quad \ldots . \ (2)$$

3.

Les quantités J_λ et J_{λ_1} sont deux valeurs du rapport des pouvoirs d'émission et d'absorption, relatives à deux valeurs très-peu différentes l'une de l'autre de la longueur d'ondulation à la même température.

Mais cette quantité, multipliée par une constante, n'est pas autre chose que la fonction de la longueur d'ondulation et de la température, désignée par J dans le mémoire de M. Kirchhoff, cité plus haut.

Cette fonction jouit des propriétés remarquables que voici :

1. J est indépendante des propriétés particulières des corps (voyez Kirchhoff, loc. cit., p. 392).

2. Quand la température est constante, c'est-à-dire, pour un seul et même spectre, J varie d'une manière continue avec la longueur d'ondulation jusqu'à la valeur de cette dernière, pour laquelle J s'évanouit (Ibid. 393).

3. « On peut affirmer avec le plus haut degré de probabilité, que la fonction J, à une température constante, ne présente ni maxima, ni minima très-prononcés, lorsqu'on fait varier la longueur d'ondulation » (Ibid. 393).

Il résulte des deux dernières propriétés de la fonction J que, « lorsque le spectre d'un corps incandescent présente des variations brusques, des maxima ou minima très-prononcés, le pouvoir d'absorption de ce corps, considéré comme une fonction de la longueur d'ondulation des rayons incidents, doit aussi présenter des variations brusques, des maxima ou minima très-prononcés, pour les mêmes valeurs de la longueur d'ondulation. »

M. Kirchhoff, s'appuyant sur ce principe, en déduit théoriquement la possibilité du renversement des spectres discontinus des flammes, et comme cette conclusion est confirmée par l'expérience, on peut inversément considérer ce fait comme une vérification empirique des deux propriétés de la fonction J que nous avons citées.

D'après cela les valeurs $\frac{E\lambda}{A\lambda}$ et $\frac{E\lambda_1}{A\lambda_1}$ dans le cas en question ne peuvent différer que très-peu l'une de l'autre, puisque les valeurs λ et λ_1 diffèrent elles-mêmes très-peu entre elles.

Or, comme dans l'expression (2) les quantités $A\lambda$ et





A_{λ_1}, conformément à leur définition, ne peuvent être que positives et jamais supérieures à 1, et que dès lors $1-A_\lambda$ et $1-A_{\lambda_1}$ doivent être des fractions proprement dites, cette expression, pour des valeurs croissantes de m ou de A, tend vers une limite qui est atteinte, ou bien quand $m=\infty$ ou bien quand $A_\lambda=A_{\lambda_1}=1$.

Dans ces deux alternatives on a simplement:

$$-\frac{E_{\lambda m}}{E_{\lambda_1 m}}=\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}.$$

Cette formule peut se traduire de la manière suivante:

Le rapport de clarté de deux parties rapprochées d'un spectre DISCONTINU *diminue continuellement avec l'accroissement du nombre des couches lumineuses ou avec l'augmentation du coefficient d'absorption de la couche, jusqu'à ce qu'il atteigne la valeur qui correspond, pour la même longueur d'ondulation et la même température, au spectre* CONTINU *d'un corps noir, parfaitement opaque sous l'épaisseur donnée.*

Cette diminution du rapport de clarté de deux parties juxtaposées du spectre, se produisant en même temps que leur éclat augmente d'intensité, doit se manifester à l'œil, d'abord par un élargissement de la ligne en question, dont les bords cessent d'être nettement tranchés, puis ensuite se traduire par l'apparition graduelle du spectre continu.

4.

On peut démontrer que, les autres circonstances restant les mêmes, l'augmentation de la densité d'un gaz lumineux doit produire exactement le même effet que l'augmentation du nombre des couches dont il a été question plus haut.

En effet, si l'on considère l'affaiblissement d'un rayon lumineux par l'absorption comme étant l'effet d'une certaine quantité de particules que le rayon rencontre dans son passage à travers le milieu absorbant, il s'en suit que la grandeur de l'absorption qui en résulte ne dépend que du *nombre* et non pas de la *distribution* des particules efficientes, ***en tant qu'on admet que l'effet absorbant qu'elles exercent est indépendant de leur éloignement réciproque***[1]. Cette thèse est d'autant plus probable que les particules du milieu absorbant sont plus éloignées les unes des autres, c'est-à-dire, que la densité de ce milieu

[1] Pour soumettre cette hypothèse à l'épreuve de l'expérience dans un cas déterminé, par exemple, quand il s'agit de la dissolution d'une substance colorante dans des quantités variables du dissolvant, il ne faut employer dans les déterminations photométriques que de la lumière homogène provenant des bandes étroites d'un spectre. L'emploi de verres colorés doit *a priori* être rejeté, parce que ceux-ci, rigoureusement, laissent toujours passer tous les rayons, bien qu'avec une intensité différente, de telle façon que pour une quantité de lumière suffisamment faible ou pour une épaisseur suffisante du verre, les rayons les plus affaiblis sont moins appréciables à l'œil.

Si on désigne par J_λ l'intensité correspondant à la longueur d'ondulation λ d'un spectre donné, et par A_λ le coefficient d'absorption d'un milieu coloré pour la même longueur d'ondulation et pour l'unité de densité, l'on peut représenter la quantité de lumière émise par tout le spectre par l'intégrale :

$$\int d\lambda\, J_\lambda (1-A_\lambda)$$

dans laquelle J_λ et A_λ sont des fonctions de λ, l'intégration devant s'étendre à toutes les valeurs de λ correspondant au spectre.

Pour une autre densité σ du milieu absorbant, en admettant la loi d'absorption, cette intégrale devient :

$$\int d\lambda\, J_\lambda (-A_\lambda)^\sigma .$$

Pour une valeur déterminée de σ on pourrait toujours trouver la





est plus faible. Si donc la densité de ce milieu change, le rayon qui le traverse a, pour un trajet de même longueur, à passer au travers d'un nombre différent de particules absorbantes, et il est facile de comprendre, dans la supposition dans laquelle nous raisonnons, que ce nombre doit varier proportionnellement à la densité.

Dès lors en rapportant dans les expressions précédentes les valeurs A_λ et A_{λ_1} à l'unité de densité, la quantité de lumière *pénétrant* au travers de la même couche d'une densité σ sera exprimée, en fraction de la lumière incidente, par $(1-A_\lambda)^\sigma$ et $(1-A_{\lambda_1})^\sigma$, conséquemment les quantités de lumière absorbée, par :

$$1-(1-A_\lambda)^\sigma = A_{\lambda\sigma}$$
$$1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma = A_{\lambda_1\sigma}.$$

Comme nous l'avons fait pour l'absorption, rapportons maintenant aussi E_λ et E_{λ_1} à la quantité de lumière

valeur d'un coefficient d'absorption moyen B qui conduirait à l'équation suivante :

$$\int d\lambda\, J_\lambda (1-A_\lambda)^\sigma = (1-B)^\sigma \int d\lambda\, J_\lambda .$$

On comprend cependant que la valeur de B restant constante, cette égalité ne peut pas subsister pour d'autres valeurs de σ. Il est par conséquent inadmissible de vouloir calculer avec l'aide d'un coefficient d'absorption moyen de cette nature, et en s'appuyant sur la loi d'absorption mentionnée plus haut, les quantités de lumière qui traversent un liquide coloré à divers degrés de concentration et de vouloir fonder des conclusions sur la différence entre le calcul et l'observation. *Ces conclusions ne pourraient avoir quelque valeur que si le changement d'épaisseur de la couche traversée par les rayons, la concentration restant constante, produisait un autre effet que celui qui résulte d'une modification de concentration, l'épaisseur de la couche étant constante.* Entreprendre des expériences de cette nature serait le moyen le plus simple de laisser décider à l'observation *seule* si l'effet absorbant des éléments isolés d'un milieu absorbant dépend ou non de leur écartement. (Voir *Poggend. Annalen*, CXLI, p. 69 et suivantes.)

émise par l'unité de densité et désignons par suite par $E_{\lambda\sigma}$ et $E_{\lambda_1\sigma}$ les quantités de lumière émises par la couche considérée à la densité σ. Puisque dans ces modifications on a supposé que la température et la longueur d'ondulation étaient constantes, en s'appuyant sur les propriétés déjà mentionnées de la fonction de Kirchhoff, on obtient les équations:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{A_{\lambda\sigma}} = \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

$$\frac{E_{\lambda_1\sigma}}{A_{\lambda_1\sigma}} = \frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}}$$

Si l'on substitue à $A_{\lambda\sigma}$ et $A_{\lambda_1\sigma}$ les valeurs déjà obtenues, et si l'on pose de nouveau :

$$\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = J_\lambda$$

$$\frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}} = J_{\lambda_1}$$

on trouve pour le rapport de la clarté de deux parties très-rapprochées du spectre, en fonction de la densité du gaz incandescent l'expression suivante:

$$\frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma]J_{\lambda_1}} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Comme pour une température constante la valeur de σ varie proportionnellement à la pression, cette formule montre qu'une augmentation de pression doit produire un élargissement des lignes spectrales qui, augmentant par degrés, donne lieu à la continuité de tout le spectre.

Toutefois il faut observer que ces phénomènes sont indépendants entre certaines limites de la nature particulière de la fonction, exprimant la loi suivant laquelle le





coefficient d'absorption d'une substance varie avec sa densité, pourvu que l'on admette que ce coefficient augmente continuellement avec la densité et tende à se rapprocher de l'unité. D'après sa définition, cette valeur ne peut pas devenir plus grande que l'unité, en sorte que le coefficient d'absorption d'une substance ne peut pas augmenter indéfiniment dans la même proportion qué la densité.

Si l'on considère maintenant que pour les corps liquides ou solides les valeurs des coefficients d'absorption A_λ sont beaucoup plus grandes que pour les corps gazeux, on se rend facilement compte de la raison pour laquelle les spectres des corps les plus denses doivent d'une manière générale être des spectres continus.

Quand les parties du spectre que l'on compare ne sont pas rapprochées, mais que λ et λ_1 se rapportent à deux lignes spectrales suffisamment éloignées, la formule ci-dessus montre que le rapport considéré est aussi une fonction de la pression, laquelle, à mesure que celle-ci augmente, s'approche de la valeur limite $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}$.

5.

Pour mettre les résultats acquis mieux en évidence par un exemple, prenons la formule (3)

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma]J_{\lambda_1}}$$

et remplaçons les grandeurs A_λ, A_{λ_1}, $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}$ par des valeurs déterminées, et calculons ensuite $\frac{E_\lambda}{E_{\lambda_1}}$ pour les différentes valeurs de σ.

Posons :

$$A_\lambda = 0{,}100$$
$$A_{\lambda_1} = 0{,}005.$$

Pour les parties du spectre qui sont en contact immédiat la valeur :

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 1.$$

Pour des parties plus écartées, par exemple pour les lignes C et F de l'hydrogène, supposons :

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 0,25$$

tandis que, pour plus de simplicité, nous conservons pour A_λ et A_{λ_1} les valeurs que nous leur avons attribuées ci-dessus.

Partant de ces données, voici les séries exprimant le rapport de la clarté, correspondant à des valeurs croissantes de σ, que l'on trouve pour les parties du spectre que l'on étudie.

Rapport de clarté

de parties voisines. $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 1$ — d'un spectre sous une pression variable — de parties écartées. $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 0,25$

σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$	σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$
1	20,0	1	5,00
10	13,3	10	3,33
20	9,2	20	2,30
30	6,8	30	1,70
40	5,3	40	1,33
50	4 5	50	1,13
60	3,8	60	0,95
70	3,4	70	0,85
80	3,0	80	0,75
90	2,7	90	0,67
100	2,5	100	0,63
200	1,6	200	0.40
300	1,3	300	0,32
400	1,2	400	0,30
500	1,1	500	0,28



Ainsi dans le premier cas, si $\sigma = 1$ la ligne spectrale qu'on examine, paraîtrait vingt fois plus lumineuse que les parties immédiatement visibles et se détacherait, pour l'œil, comme une ligne brillante à contours vifs sur un fond sombre. En supposant que la valeur $\sigma = 1$ corresponde par exemple à la pression de 1^{mm} de mercure dans un tube de Geissler, si l'augmentation de pression atteignait 500^{mm}, le rapport de clarté des parties du fond contiguës à la ligne, comparées à la ligne elle-même, ne serait plus que de 10 à 11, de sorte que cette dernière paraîtrait déjà très-élargie et ses bords ne seraient pas tranchés.

Le second cas montre que, sous l'influence de la compression du gaz incandescent, les différentes parties du spectre peuvent présenter un renversement du rapport de clarté.

Dans l'exemple cité, la clarté $E_{\lambda\sigma}$ d'une ligne dont la longueur d'ondulation est λ se trouve, au commencement de la compression, cinq fois plus grande que la clarté $E_{\lambda_1\sigma}$ d'une ligne correspondant à la longueur λ_1. Si la pression est cinquante fois plus forte, la clarté des deux lignes devient à peu près égale ; mais si la pression commence à augmenter de manière à atteindre cinq cent fois sa valeur primitive, la ligne la plus sombre au commencement devient près de quatre fois plus claire que l'autre.

Si la densité σ diminue peu à peu jusqu'à 0, le rapport de clarté s'approche de la valeur $\frac{0}{0}$. Quand on différencie le numérateur et le dénominateur de la valeur de $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$ par rapport à σ et que l'on pose $\sigma = 0$, on obtient pour cette limite :

$$\frac{J_\lambda \log(1 - A_\lambda)}{J_{\lambda_1} \log(1 - A_{\lambda_1})}$$

Quand J_λ et J_{λ_1} se rapportent à des valeurs rapprochées de λ, de manière à ce qu'on puisse poser $\frac{J\lambda}{J\lambda_1}=1$, on trouve que, par une diminution continue de σ, le contraste entre une ligne claire et le fond, s'approche asymptotiquement d'une valeur maxima qui est exprimée par :

$$\frac{\log(1-A\lambda)}{\log(1-A\lambda_1)}$$

Avec les valeurs admises plus haut pour A_λ et A_{λ_1}, cette quantité serait 20,8, et ne différerait que très-peu de la valeur que le rapport de clarté acquiert quand $\sigma=1$.

6.

Les considérations qui précèdent s'étendent aux modifications du rapport d'intensité lumineuse de deux parties différentes du spectre. Mais les formules qui ont été établies rendent compte également des modifications d'intensité qu'éprouve un même point du spectre quand, la température étant constante, la pression varie.

D'après ce que nous avons vu, la densité du gaz incandescent étant σ, l'intensité correspondante à une certaine longueur d'ondulation λ est représentée par la formule :

$$E\lambda\sigma=[1-(1-A\lambda)^\sigma]\frac{E\lambda}{A\lambda}.$$

Quand $\sigma=0$, $E\lambda\sigma$ devient nul, et atteint, au contraire, la valeur maxima $\frac{E\lambda}{A\lambda}$ quand $\sigma=\infty$.

Pour une valeur donnée de σ et pour une température donnée, $E\lambda\sigma$ sera, *en général*, un maximum absolu pour une valeur déterminée de λ, en d'autres termes : parmi les différentes lignes brillantes d'un spectre discontinu, il y



en aura *une* qui sera la plus claire, ***puisque, dans un spectre donné,*** $A\lambda$, ***aussi bien que*** $\frac{E\lambda}{A\lambda}$, ***varient comme fonctions de*** λ. Ayant égard à ce que, dès que la valeur de $E\lambda\sigma$ s'abaisse au-dessous d'une certaine limite déterminée par la sensibilité de notre œil, la partie en question du spectre échappe à notre perception, il suit de ces considérations le principe suivant :

Si, la température étant constante, on diminue graduellement la densité d'un gaz incandescent, le nombre des lignes d'un spectre doit aussi aller en diminuant, et finalement le spectre se réduit à une seule ligne, dont la position dépend de la température et de la nature du gaz.

Il me semble que ce principe peut déjà être considéré comme confirmé par les observations que MM. Frankland et Lockyer ont publiées l'année dernière dans les *Proceedings of the royal Society*, n° 112. Le passage qui concerne cette question est ainsi conçu :

« Dans certaines conditions de température et de pres-
« sion, le spectre, très-compliqué de l'hydrogène, est ré-
« duit, dans notre instrument, *à une ligne dans le bleu*
« correspondant à F du spectre solaire. Le spectre, éga-
« lement compliqué de l'azote, peut être réduit de même
« *à une ligne brillante dans le vert*, avec des traces d'au-
« tres lignes faibles plus réfrangibles. »

Toutefois, ces observations, à elles seules, ne permettent pas de formuler des conclusions sur la température des corps célestes, qui, comme cela a lieu pour un grand nombre de nébuleuses, présentent le phénomène remarquable de donner des spectres très-simples ; les considérations précédentes montrent que des conclusions de cette nature ne sont pas admissibles, ***puisque, pour toute tem-***

pérature, quelque élevée qu'elle soit, le spectre du gaz incandescent à un état de raréfaction suffisante peut être réduit à une seule ligne, dont la position pour la même substance ne dépend que de la température.

On peut même affirmer, en s'appuyant sur *le principe* démontré plus haut, *de l'équivalence de la densité et de l'épaisseur de la couche rayonnante,* que les valeurs de la température et de la densité, pour lesquelles un gaz produit des spectres si simples dans un tube de Geissler, sont peut-être assez semblables à celles des nébuleuses, par la raison que l'énorme épaisseur de la couche rayonnante de ces dernières suppose une raréfaction presque infiniment plus grande du gaz lumineux.

D'autre part, on voit que la continuité du spectre d'une nébuleuse ne permet aucune conclusion à l'égard de sa densité, parce que, d'après le même principe, le même effet peut être produit par une épaisseur suffisante de la couche rayonnante.

Du reste, les considérations suivantes pourront peut-être servir à déterminer au moins la limite *inférieure* de la température que l'on peut admettre pour une nébuleuse à spectre discontinu.

L'intensité lumineuse $E\lambda\sigma$ que présente le spectre d'un gaz, pour une densité σ et dans la partie correspondant à la longueur d'ondulation λ, est exprimée par :

$$E_{\lambda\sigma} = [1 - (1 - A_{\lambda})^{\sigma}] \frac{E\lambda}{A\lambda}.$$

Comme on l'a déjà fait remarquer, cette expression ne peut pas devenir plus grande que $\frac{E\lambda}{A\lambda}$, et cette valeur, conformément au principe de Kirchhoff, représente l'intensité que produit, à la même température et pour la





même longueur d'ondulation, cette partie du spectre pour un corps parfaitement noir, et cela *quelles que soient d'ailleurs sés autres propriétés* [1]. Ainsi, quand on chauffe un corps sombre et opaque qui correspond le mieux possible aux conditions voulues, par exemple, un petit morceau de charbon rendu incandescent par le courant d'une pile voltaïque, et qu'on produit le spectre de la lumière émise, la température du charbon incandescent sera inférieure à la température du gaz lumineux à spectre *discontinu,* aussi longtemps que la clarté du spectre continu du charbon, à la place qui correspond à une ligne claire du spectre du gaz, sera plus *petite* ou *égale* à la clarté de cette ligne. Il est entendu dans cette opération que, toutes choses égales d'ailleurs, $\frac{E\lambda}{A\lambda}$ augmente continuellement avec la température.

Si l'on compare maintenant la clarté d'une ligne du spectre d'une nébuleuse avec la clarté de la place homologue du spectre du charbon, on pourra, en négligeant l'absorption par l'espace céleste, mais en tenant un compte

[1] On remarque sans peine que cette expression, quand $\sigma = \infty$, représente l'opacité absolue de la couche de gaz que l'on examine, puisque $1-(1-A_{\lambda})^{\sigma}$ exprime la quantité de lumière $A_{\lambda\sigma}$ absorbée par cette couche en fraction de la quantité de lumière incidente d'une longueur d'ondulation λ. Lors donc que cette quantité de lumière $A_{\lambda\sigma}$ devient égale à l'unité, cela signifie que l'absorption d'un rayon incident sur cette masse de gaz est complète. Quand on considère que tous les corps, même ceux qui sont relativement opaques, deviennent transparents lorsqu'on les emploie en lames suffisamment minces, et que d'après le principe démontré plus haut sur l'équivalence de l'épaisseur et de la densité des couches traversées, on peut dans la formule ci-dessus remplacer la densité σ par le nombre m des couches rayonnantes et absorbantes, on est conduit à conclure que cette expression est aussi applicable à d'autres corps, *puisqu'elle comprend en même temps la nécessité de la continuité de leurs spectres.*

suffisant de l'absorption par notre atmosphère, on pourra, dis-je, par le moyen indiqué, déterminer la limite ***inférieure*** de la température de la nébuleuse, dès qu'on aura réussi à déterminer la température du charbon en incandescence électrique.

7.

Nous avons vu plus haut que, théoriquement, l'on peut considérer comme admissible et probable la dépendance ***de la position*** des lignes d'un spectre discontinu de la ***température*** et de la ***nature*** des gaz incandescents. Cette dépendance est extrêmement remarquable, et suffit amplement, je crois, pour expliquer l'intéressant phénomène, découvert par Plücker, des ***spectres d'ordres différents,*** d'un seul et même corps. Car l'expression représentant le rapport de clarté de deux points ***voisins*** d'un spectre :

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^{\sigma}]\,J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_1})^{\sigma}]\,J_{\lambda_1}}.$$

ne dépend, σ étant constante, que des valeurs du pouvoir d'absorption A_λ et A_{λ_1}, parce que, dans ce cas, on peut toujours poser $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}$ égal à un. Mais ces valeurs peuvent, lorsque la température varie d'une manière continue, avoir des maxima et des minima semblables pour ***la même longueur d'ondulation,*** de même qu'elles en présentent incontestablement pour ***la même température,*** lorsque c'est la longueur d'ondulation qui change d'une manière continue, ce qui produit le phénomène des spectres discontinus. La simplicité et la continuité qui ont été admises pour la fonction J de Kirchhoff ne concernent que le ***rapport*** des grandeurs E_λ et A_λ, et non leurs valeurs absolues. Tandis que cette fonction est ***la même*** pour





tous les corps, E_λ et A_λ, en tant que fonctions de la température et de la longueur d'ondulation dépendent précisément de la nature particulière des corps. On voit, d'après cela, que, la température variant, ce n'est que par des changements de valeur de A_λ et A_{λ_1} que l'expression $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$ pourrait prendre des valeurs différentes *plus grandes ou plus petites que* 1. Il en résulte que *le rapport de clarté de deux points rapprochés du spectre peut être renversé par des changements dans la température, et qu'à la place où se trouvait un maximum il peut apparaître un minimum.*

De plus, pour ce qui concerne les modifications d'intensité de deux parties *rapprochées* du spectre, les effets de la température et de la pression présentent une différence essentielle. Tandis que, pour des variations de la température, le rapport d'intensité de parties voisines peut être renversé; cela n'est pas possible pour des changements de pression. En augmentant la pression, on peut arriver à faire disparaître une différence d'intensité existante, mais on ne peut la renverser. Si donc on observe des renversements semblables dans différents spectres d'une même substance, ce phénomène peut provenir uniquement d'une différence de température.

On est par conséquent fondé à établir d'une manière générale le principe suivant :

Quand la différence de deux spectres d'un même gaz incandescent est de telle nature que, pour des rayons d'une réfrangibilité quelconque, un maximum de l'un des spectres correspond à un minimum de l'autre, il faut que les températures correspondant aux deux spectres soient différentes.

D'après cela, on est conduit à considérer la production des spectres d'ordres différents d'un même gaz comme un phénomène produit par des changements de température, et non par des changements de densité du gaz incandescent.

8.

De même que M. Kirchhoff conclut empiriquement à la continuité de la fonction J quand la longueur d'ondulation λ change, tandis que la température t reste constante, de même on peut conclure à la continuité de cette fonction quand λ est constante et que la température t est variable.

M. Kirchhoff fait la remarque suivante (Mémoire cité, p. 293) à l'égard de la première de ces continuités :

« Quand la température est constante, la fonction J change d'une manière continue avec la longueur d'ondulation, aussi longtemps toutefois que celle-ci n'atteint pas la valeur à laquelle pour la température donnée J commence à disparaître. La preuve de l'exactitude de cette assertion se trouve, entre autres, dans la continuité du spectre d'un fil de platine incandescent, pourvu qu'on admette que le pouvoir d'absorption de ce corps est une fonction continue de la longueur d'ondulation des rayons incidents. »

Cette conclusion repose sur ce que le spectre de corps noirs, *opaques*, incandescents, présente à notre œil, placées les unes à côté des autres, l'ensemble des valeurs de la fonction J, qui correspondent aux différentes valeurs de λ, telles que celles-ci résultent de la température du corps incandescent. Si maintenant l'intensité de l'impression physiologique, avec laquelle les différentes va-



leurs de J dans un même spectre agissent sur notre sensorium n'est pas elle-même une fonction de la longueur d'ondulation, ou, en d'autres termes, si nous pouvions supposer que le rapport d'intensité physiologique de deux parties différentes du spectre fût égal au rapport d'intensité mécanique, la marche de la fonction J, lorsque la longueur d'ondulation varie, pourrait tout simplement être représentée par la courbe d'intensité photométrique d'un spectre donné du corps incandescent correspondant à une température constante. Bien qu'une représentation graphique de ce genre ne soit pas possible d'après ce qui a été dit, et que l'on ne connaisse pas la nature de la fonction physiologique suivant laquelle l'impression optique, produite par un rayon homogène d'une force vive constante, varie avec la longueur d'ondulation, on peut cependant affirmer que cette fonction doit *nécessairement* être continue[1]. S'il n'en était pas ainsi, les spectres des corps opaques incandescents ne pourraient produire une impression continue sur notre sensorium que dans le cas où la fonction physiologique se trouverait être d'une forme discontinue telle qu'une valeur maxima, dans une des fonctions, fût constamment compensée par une valeur minima dans l'autre. Or, comme il serait évidemment absurde d'admettre une relation semblable entre les corps incandescents et notre sensorium, il en résulte que la continuité des spectres de corps opaques incandescents doit avoir pour conséquence la continuité de la fonction J, aussi bien que celle de la fonction physiologique de l'intensité de l'excitation, en

[1] Les termes de « continu et discontinu » ne doivent pas être entendus ici dans le sens mathématique, mais seulement au point de vue de la présence ou de l'absence de maxima ou de minima très-accentués.

tant qu'elle dépend de la longueur d'ondulation. De ce que la fonction J, pour une valeur constante de λ, ne varie pas d'une manière discontinue avec la température, mais plutôt qu'elle croît constamment avec celle-ci, il résulte, autant qu'on peut le conclure des observations, que le spectre d'un corps opaque incandescent devient *continuellement* plus clair dans toutes les parties quand la température s'accroît, lors même que la rapidité de cette augmentation de clarté peut être très-différente pour différentes valeurs de λ. Il s'en suit que, pour les valeurs de la température qui correspondent à des maxima ou des minima très-prononcés de E, A doit aussi présenter des maxima ou des minima très-marqués, et, *en général*, que les modifications qu'éprouve E sous l'influence des variations de température, doivent être accompagnées de modifications de A *dans le même sens*. Or, *comme l'expérience a démontré jusqu'ici que pour une valeur quelconque de λ, les valeurs de E vont en augmentant lorsque la température s'élève, il faut aussi supposer que les valeurs de A, à une température élevée, seront en général plus grandes qu'à une température basse.* Il en résulte une conséquence importante, relativement à la transformation d'un spectre discontinu en spectre continu par l'augmentation de la densité du gaz incandescent.

En effet, quand on considère le rapport de l'intensité de deux parties *rapprochées* du spectre, c'est-à-dire lorsque λ et λ_1 ne diffèrent que très-peu l'une de l'autre, les valeurs des deux fonctions $\frac{E\lambda}{A\lambda}$ et $\frac{E\lambda_1}{A\lambda_1}$ ne peuvent également présenter qu'une très-petite différence; en sorte que le rapport de ces fonctions peut être supposé égal



à l'unité, et, dans ce cas, comme nous l'avons vu plus haut, on a l'expression :

$$\frac{E\lambda\sigma}{E\lambda_1\sigma} = \frac{1-(1-A\lambda)\sigma}{1-(1-A\lambda_1)\sigma}.$$

Plus les valeurs de A_λ et A_{λ_1} sont grandes, plus la valeur $\frac{E\lambda\sigma}{E\lambda_1\sigma}$ converge rapidement vers l'unité, lorsque σ croît, ce qui entraîne, comme conséquence immédiate, l'élargissement de la ligne considérée, et finalement la continuité de tout le spectre.

Dans l'exemple que nous avons mentionné précédemment, on avait supposé :

$$A\lambda = 0{,}100$$
$$A\lambda_1 = 0{,}005$$

et le rapport d'intensité des parties spectrales observées, correspondant à ces valeurs, s'est trouvé diminué par l'augmentation de la pression de $\sigma=1$ à $\sigma=500$, de la valeur 20,0 à 1,1. Mais si l'on suppose maintenant ces valeurs cinq fois plus grandes, savoir :

$$A\lambda = 0{,}500$$
$$A\lambda_1 = 0{,}025,$$

on obtient, pour les différentes valeurs de σ, la série suivante des rapports d'intensité :

σ	$A\lambda = 0{,}500$ $A\lambda_1 = 0{,}025$	$A\lambda = 0{,}100$ $A\lambda_1 = 0{,}005$
1	20,0	20,0
10	4,5	13,3
20	2,5	9,2
40	1,6	5,3
80	1,1	3,0.

Ainsi le rapport d'intensité, qui au début était le même, atteint déjà la faible valeur 1,1 à une pression 8

fois plus petite que celle qui est nécessaire pour obtenir ce chiffre d'intensité, avec de faibles valeurs du pouvoir d'absorption.

Ces derniers résultats peuvent être exprimés par les deux propositions suivantes :

Le rapport d'intensité de deux parties, rapprochées d'un spectre, se modifie d'autant plus rapidement avec la densité que le pouvoir absorbant correspondant à ces parties est plus grand.

Et, considérant qu'à une température élevée les valeurs du pouvoir d'absorption sont généralement plus grandes :

Un spectre discontinu se transforme d'autant plus rapidement en spectre continu, sous l'influence d'une densité croissante, que la température du gaz incandescent est plus élevée.

En s'appuyant sur la première de ces propositions, on peut conclure des grands changements éprouvés par une certaine ligne d'un spectre, par exemple la ligne *F* de l'hydrogène, lorsque la pression varie, que les valeurs du pouvoir d'absorption de cette partie du spectre sont relativement grandes, pourvu qu'on tienne compte de la différence de la dispersion dans les différentes parties d'un spectre produit par réfraction.

La seconde proposition montre que, la densité étant constante, une élévation suffisante de la température du gaz incandescent peut transformer un spectre discontinu en un spectre continu. Cette conséquence est confirmée par les observations de M. Wüllner, d'après lesquelles, la pression étant constante, les faibles décharges correspondent à des spectres discontinus, les fortes à des spectres continus, ou tendant à devenir continus, comme cela au-



rait eu lieu par une augmentation de pression sous l'influence de faibles décharges [1].

9.

Jusqu'ici dans les recherches entreprises sur les modifications que subit l'éclat relatif de parties voisines du spectre par suite de changements de densité des gaz incandescents, on s'est borné à comparer entre elles seulement *deux* parties rapprochées. Mais quand il s'agit de déterminer d'une manière générale les changements qui peuvent se produire dans le contraste en vertu duquel une ligne claire se détache sur le fond plus sombre de son entourage immédiat, il faut prendre en considération les modifications que la clarté du fond éprouve des *deux* côtés de la ligne. Maintenant deux cas peuvent se présenter : ou bien les valeurs du pouvoir d'absorption des deux côtés sont égales, de façon que leur courbe soit symétrique à partir du maximum, ou bien cette symétrie n'existe pas. On comprend facilement que dans le second cas, qui est évidemment le plus général et qui pour cette

[1] Voyez *Pogg. Annalen*, CXXXVII, p. 344 et suivantes. M. Wüllner compare ici le spectre de l'hydrogène dans un tube de Geissler, tel qu'il se produit sous une pression de 300mm par la décharge d'une bouteille de Leyde, avec celui qui se manifeste sous une pression beaucoup plus élevée par des décharges de l'appareil d'induction. Voici ces propres expressions :

« A mesure que la pression continue à augmenter H_β et H_γ s'étendent de plus en plus, en sorte qu'elles n'apparaissent bientôt plus que comme des maxima de clarté sur un fond lumineux dont l'éclat augmente continuellement ; en même temps H_α perd peu à peu sa netteté, ses bords deviennent baveux et s'étendent de telle façon, que sous une pression du gaz de 300mm le spectre produit à l'aide de la bouteille de Leyde a à peu près la même apparence que lorsque, sans bouteille, le gaz était comprimé à près de trois atmosphères. Dans ces circonstances la clarté des spectres est aussi à peu près la même. »

raison se présentera le plus fréquemment, l'élargissement des lignes par suite des changements de densité doit se produire plus vite sur le côté de la ligne sur lequel se trouvent les plus grandes valeurs du pouvoir d'absorption, et où par conséquent leur courbe tombe moins rapidement. Quoique le *maximum* de clarté d'une ligne ne puisse jamais être déplacé *uniquement* par des changements de densité, comme nous l'avons montré plus haut, cependant la nature de la dissymétrie que nous avons signalée, aura en général pour effet que le milieu de la ligne élargie par l'augmentation de pression ne coïncidera plus avec le milieu de la ligne non élargie : de sorte qu'en se fondant sur ce qui précède on peut établir la proposition suivante :

Le milieu de la ligne élargie par une augmentation de pression éprouve un déplacement vers le côté du spectre où le pouvoir d'absorption du gaz incandescent est le plus grand.

On ne peut donc pas attribuer sans autre examen le déplacement des *milieux de lignes inégalement larges* de la même substance, dans des sources de lumière différentes, à un changement de la réfrangibilité produit par le rapprochement ou l'éloignement du corps lumineux. En général, on ne pourrait admettre avec quelque sécurité l'intervention d'une cause de ce genre que si l'on arrivait à démontrer que le déplacement de *plusieurs* lignes de la même substance concorde, soit qualitativement, soit quantitativement.

10.

L'élargissement des lignes spectrales à mesure que s'épaissit la couche des vapeurs incandescentes peut être



mis en évidence d'une manière très-simple pour les lignes du sodium, en enfonçant plus ou moins une perle de sel dans la flamme d'un bec de Bunsen, et en introduisant des quantités plus ou moins grandes de vapeur de sodium dans cette flamme. Pour de faibles quantités, les lignes sont fines et les bords sont tranchés, pour de grandes quantités elles sont élargies et baveuses. *Toutefois celle des deux lignes du sodium qui est la plus réfrangible s'élargit plus que l'autre, en sorte que lorsque la quantité de vapeur qui peut être produite de cette manière est la plus grande possible, la plus réfrangible des lignes est au moins deux fois aussi large que l'autre.*

Ce fait conduit d'après le § 8 à cette conclusion, qu'aux valeurs de λ correspondant à la ligne la plus réfrangible du sodium, correspondent des valeurs plus élevées du pouvoir d'absorption et par conséquent aussi, puisque la fonction J de Kirchhoff est continue, des valeurs plus grandes du pouvoir d'émission.

Ces deux conséquences sont confirmées par les observations. Quand on compare attentivement les deux lignes du sodium dans le spectre solaire, on trouve que celle qui est la plus réfrangible est franchement plus foncée que l'autre, fait qui prouve que le pouvoir d'absorption est plus fort à cette place.

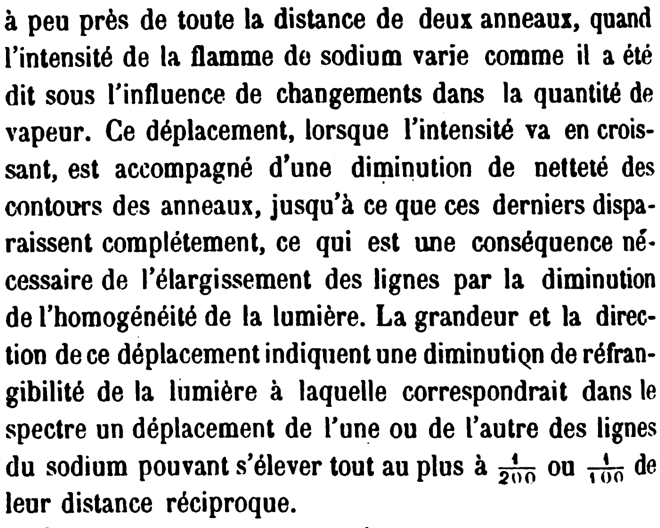
D'autre part, quand on compare entre elles les lignes brillantes du sodium, quelle que soit la source de lumière dont elles proviennent, on trouve que la plus réfrangible est toujours plus brillante que l'autre, indépendamment de la densité de la vapeur. Cette différence d'intensité devient particulièrement frappante quand on opère de la manière suivante. On ouvre peu à peu la fente du spectroscope jusqu'à ce que les bords intérieurs des

lignes du sodium arrivent en s'élargissant à se toucher. Les bandes brillantes ainsi rapprochées présentent alors une différence d'éclat si grande qu'elle est aussitôt saisie par l'œil. Cette expérience prouve en même temps l'émission plus grande pour les valeurs de λ correspondantes à la plus réfrangible des lignes D.

Dans le but de confirmer aussi par l'expérience la dissymétrie de l'élargissement des lignes du sodium à laquelle doit conduire la théorie que nous avons développée, j'ai amené à l'aide de mon spectroscope à réversion, chacune des deux lignes brillantes d'un des spectres à coïncider avec la ligne analogue de l'autre spectre, de telle façon que chaque ligne, tombant exactement sur le prolongement de l'autre, formât en apparence une seule ligne d'une longueur double. Pour la ligne la plus réfrangible, celle qui s'élargissait le plus par l'augmentation de la densité de la vapeur, on ne remarquait pas de déplacement, mais l'autre ligne, quand l'intensité augmentait, paraissait éprouver un faible déplacement dans le sens d'une diminution de la réfrangibilité. Si l'on se refuse à considérer cette expérience comme suffisamment décisive, on ne peut guère en revanche expliquer autrement que par la supposition d'un semblable élargissement asymétrique de l'une ou de l'autre des lignes du sodium, l'observation intéressante qu'a faite occasionnellement M. le Dr J.-J. Müller, privat-docent à l'Institut physiologique de notre ville, en s'occupant d'autres recherches.

M. le Dr Müller a trouvé, en effet, que les bandes d'interférence de Newton qui sont produites par une lumière de sodium homogène dans une plaque de verre à faces parallèles de 5 millimètres d'épaisseur, la différence de parcours étant d'environ 20,000 ondulations, se déplacent





à peu près de toute la distance de deux anneaux, quand l'intensité de la flamme de sodium varie comme il a été dit sous l'influence de changements dans la quantité de vapeur. Ce déplacement, lorsque l'intensité va en croissant, est accompagné d'une diminution de netteté des contours des anneaux, jusqu'à ce que ces derniers disparaissent complétement, ce qui est une conséquence nécessaire de l'élargissement des lignes par la diminution de l'homogénéité de la lumière. La grandeur et la direction de ce déplacement indiquent une diminution de réfrangibilité de la lumière à laquelle correspondrait dans le spectre un déplacement de l'une ou de l'autre des lignes du sodium pouvant s'élever tout au plus à $\frac{1}{200}$ ou $\frac{1}{100}$ de leur distance réciproque.

On voit que cette méthode d'observation est infiniment plus sensible que la méthode spectroscopique, pour montrer l'existence d'une disymétrie de l'élargissement des lignes, à moins que faute d'une quantité de lumière suffisante, on soit hors d'état de l'employer. D'ailleurs M. Müller publiera prochainement de plus amples détails sur ces expériences dans un mémoire spécial. J'ai également l'intention de reprendre ce qui concerne l'application des thèses développées plus haut, à des recherches d'analyses spectrales sur la nature physique des corps célestes, et en particulier à la détermination des relations de pression et de température de l'atmosphère solaire.

OBSERVATIONS

SUR

L'ÉLECTRICITÉ DE L'AIR ET SUR L'AURORE BORÉALE

FAITES

PENDANT L'EXPÉDITION SUÉDOISE DE 1868 AU POLE NORD

PAR

SELIM LEMSTRÖM

Professeur agrégé à l'Université d'Helsingfors (Finlande) [1].

Il n'existe maintenant plus aucun savant qui ne soit convaincu que la lumière polaire est un phénomène dû à des mouvements d'électricité dans les régions supérieures de l'athmosphère. Des deux opinions mises en avant pour l'explication du phénomène, l'une qui en cherche exclusivement l'origine dans le magnétisme terrestre, l'autre qui la cherche dans l'électricité de l'air, la première a dû céder la place à la seconde qui présente en sa faveur des preuves toujours plus convaincantes. Malheureusement, on ne possède pas une étude suffisante de l'état électrique de l'air dans les hautes régions polaires, étude qui ferait probablement disparaître les doutes qui peuvent encore subsister dans la question. Les tentatives faites pour découvrir la nature de l'électricité atmosphérique dans les régions de l'ex-

[1] Nous avons reçu la communication manuscrite du travail de M. Lemström par l'intermédiaire de M. Edlund; nous nous empressons de la faire connaître à nos lecteurs; nous la ferons suivre de quelques réflexions que nous ont suggérées les intéressantes observations qu'elle renferme. (A. DE LA RIVE.)



trême Nord, n'ont en général donné que des résultats négatifs, sauf cependant les recherches faites par les savants français aux environs de Bossekop, qui, en lançant un cerf-volant ou une flèche liés par un fil conducteur avec un électroscope, jusqu'à une hauteur verticale de 30 à 40 mètres, ont constaté la présence permanente de l'électricité positive ; mais ces observations sont toutefois trop peu nombreuses et ont été faites sous une latitude encore trop peu élevée pour être suffisamment concluantes.

I

L'un des buts les plus importants que je me proposais dans les recherches physiques de l'expédition de 1868, était l'étude des phénomènes relatifs à l'électricité de l'air; mais malgré tout le soin que j'y apportai, cette étude ne me donna que des résultats négatifs ; toutefois, comme je suis convaincu d'en avoir trouvé la cause, je vais décrire brièvement les expériences que je tentai, pour passer ensuite aux observations que j'eus l'occasion de faire sur l'Aurore boréale.

Une première expérience faite les 26 et 28 août 1868, sur une étroite langue de terre, à Hobbebay, au moyen de l'électromètre, ne donna aucun résultat, quoique les observations eussent lieu plusieurs fois par jour, et même la nuit, en même temps que j'observais les instruments magnétiques. Croyant trouver la cause de ces résultats négatifs, soit dans l'insensibilité de l'électromètre, soit dans la nature de la localité resserrée de trois côtés entre les montagnes et ouverte seulement du côté de la mer, je résolus de modifier mon instrument et de chercher une place plus découverte pour mes observations. Ce ne

fut que le 28 septembre que je pus donner suite à ce projet, pendant que la *Sophie* était mouillée à Southgat.

Après avoir rendu mon électromètre plus sensible, je me rendis, le jour indiqué ci-dessus, entre 11 heures et midi, à un îlot situé à l'embouchure du Southgat, et j'installai mon instrument à 600 pieds au-dessus de la mer, au point le plus élevé de l'île. Malgré toutes les précautions que je pris, je ne pus obtenir encore aucun résultat certain, ce qui tenait probablement en partie à des coups de vent d'une grande violence qui produisaient des oscillations sur l'électromètre. De nouvelles observations, faites le 7 octobre à Kingsbay, furent également sans succès.

Quoique ces expériences soient trop peu nombreuses et trop incomplètes pour permettre d'en tirer quelque conclusion positive, je suis convaincu que cette absence de manifestations électriques a sa cause dans le fait de la constitution toute particulière de l'air dans ces régions. Un coup d'œil jeté sur les observations hygrométriques montre que l'air y est presque d'une manière permanente saturé d'humidité, et que cette humidité n'y existe pas seulement sous forme de vapeur insensible, mais aussi sous celle de brouillard. Cette circonstance rend à peu près impossible d'isoler l'instrument et d'obtenir, par conséquent, des effets d'électricité de tension. On peut donc admettre qu'il n'existe aucune électricité de tension dans les régions aériennes les plus rapprochées de la plaine, mais que l'électricité s'élève constamment dans les hautes régions de l'atmosphère, à travers l'air humide. Je suis donc disposé à croire que des observations sur l'électricité de l'air faites dans ces régions donnent toujours des résultats négatifs, du moment où l'on opère à



ras terre. Il faudrait se placer sur une sommité élevée et avoir un instrument qui permît d'atteindre les couches supérieures de l'atmosphère, comme le serait un cerf-volant de Franklin.

Laissant de côté ces expériences incomplètes qui pourront seulement servir peut-être de guides dans des expériences futures, je passe aux observations de l'Aurore boréale.

Les derniers jours de septembre la *Sophie* était mouillée à Southgat, détroit situé entre l'île dite Danoise (Danskow) et le continent du Spetsberg, à 79° 39′ 7″ de latitude et 11° 7′ de longitude de Greenwich. Ce détroit était entouré au nord et au sud de montagnes s'élevant au sud à 300 mètres environ de hauteur; à l'issue du golfe se trouve l'île mentionnée ci-dessus, et à l'est la vue est limitée par des montagnes à hauteurs très-variables. Le mouillage de la *Sophie* était immédiatement à côté de Danskow, un peu au N.O. de l'île, à l'embouchure du détroit. En revenant de l'île Danoise, où des instruments pour les observations magnétiques avaient été déposés, j'aperçus sur le dos de la montagne, au sud, une forte lumière polaire s'élevant à environ 10 à 15 degrés de la montagne, en rayons ondoyants nettement limités, présentant à leur base une lumière jaunâtre diffuse, mais prenant plus haut la forme de bandes verticales oranges, et formant au sommet une série de pointes aiguës très-proéminentes. Les rayons ondoyaient en se mouvant, et la crête de la montagne était entourée d'un léger brouillard que le vent chassait de l'E.N.E. à l'O.S.O. En quelques minutes le brouillard eut dépassé la montagne, et les rayons disparurent; mais la crête même continua à être entourée d'une pâle lueur errante qui flottait le

long de la montagne, et dont l'existence assez difficile à constater ne me laissa cependant aucun doute, car l'analyse spectrale m'y fit reconnaître très-clairement l'existence de la raie jaune découverte dans la lumière polaire par M. Angström. Je continuai d'observer la crête de la montagne sur laquelle les vapeurs brumeuses se succédaient, tout en laissant apparaître de temps en temps la lueur pâle que je viens de signaler.

Toutefois à 11 heures 30 minutes, les bords supérieurs du brouillard, qui présentaient beaucoup de ressemblance avec un nuage à bords inégaux, commencèrent à briller d'une lumière diffuse jaune-blanche qui, dans le cours d'une minute, se convertit en rayons jaunes et rougeâtres, lesquels s'étendirent en ondoyant le long des bords du brouillard dont ils suivirent les irrégularités jusque dans leurs moindres détails. Le brouillard s'éleva d'environ 10° sous forme d'un arc au-dessus de la montagne, et les rayons atteignirent une hauteur de 10° à 15°, ce qui donne, pour l'ensemble du phénomène, une hauteur totale de 20° à 25° au-dessus de l'horizon. En même temps, on commençait à apercevoir, au nord, un enchevêtrement de bords brillants de nuages, parmi lesquels j'en distinguai avec certitude un d'où partait un rayon jaunâtre nettement marqué, reliant en apparence ce nuage à un autre. Le ciel était au reste couvert de légères stries nuageuses traversant le zénith dans la direction de l'est à l'ouest, et les étoiles scintillaient par places.

Le jour suivant, 26 septembre, ayant observé avec attention la crête de la montagne, je la trouvai presque totalement couverte de neige, excepté à une ou deux places qui semblaient être celles où la lumière de la veille avait paru la plus faible. Le soir du même jour, le phéno-



mène se manifesta aux mêmes points, mais toutefois avec quelques modifications. Un peu au-dessus de l'horizon, apparut, au S.O., à peu près en face du cap qui terminait la montagne, une série de nuages à bords supérieurs fortement éclairés d'une lumière diffuse jaune et blanche qui, très-intense à l'extrême bord du nuage à l'ouest, diminuait d'éclat du côté de l'est le long du bord du nuage, et devenait à peine sensible là où l'extrémité du nuage semblait se confondre avec le cap. On vit bientôt paraître des rayons semblables à ceux observés la veille, qui semblaient s'élever d'un brouillard s'étendant le long de la crête, mais cependant un peu en arrière. Cette fois le phénomène semblait se passer en général à une plus grande distance que lors des observations précédentes; mais la forme et la couleur des rayons étaient les mêmes, et j'obtins également avec le spectroscope la raie jaune, tant de la lumière émanée du bord des nuages que de celle provenant des rayons eux-mêmes.

Le 27 septembre, après avoir observé dans la matinée un rayonnement de lumière d'un blanc jaunâtre, provenant d'un bord de nuage saillant devant une paroi de nuages, j'aperçus, à 11 heures 30 minutes du soir, une lueur errante et faible se mouvant distinctement le long de l'arête de la montagne. La lumière parut pendant quelques instants sous la forme de rayons d'un jaune clair à éclat brillant et suivant, dans leurs moindres détails, les sinuosités de la montagne; la lueur paraissait suivre l'arête de la montagne, et je pus constater, par le mouvement des brouillards, que le phénomène lumineux avait lieu sur l'arête même.

Le 30 septembre, à 9 heures 28 minutes du soir, je fus témoin, dans l'île d'Amsterdam, d'un phénomène lu-

mineux très-intense, qui montrait, de la manière la plus frappante, que toutes les cimes et toutes les arêtes les plus élevées étaient entourées d'une lueur pâle, principalement quand elles étaient couvertes d'un voile de brouillards. On pouvait clairement distinguer les contours des montagnes, et au-dessus un effet de lumière qui, souvent, se prolongeait à une grande hauteur, et finissait, en diminuant peu à peu d'intensité, par disparaître insensiblement dans les couches supérieures du brouillard. Cette lumière se montra pendant tout le temps de l'arrière-saison que nous demeurâmes au Spetsberg. Sur les sommités qui dominent un glacier qui descend à l'extrême fond du golfe de Smeerenburgbay, la lueur prenait encore plus de force; on aperçut même, sur un point, des rayons rougeâtres qui ressemblaient à des flammes, et où le spectroscope indiquait la présence évidente de la raie jaune. Pendant les jours où ce phénomène fut observé, le vent était très-fort et avait une direction variable et difficile à déterminer; cependant, on put s'assurer qu'il y avait deux courants d'air luttant l'un contre l'autre, venant l'un du Nord ou de l'Est, l'autre du Sud ou de l'Ouest.

Dans la première quinzaine d'octobre, pendant le séjour de la *Sophie* à Kingsbay, on aperçut, toutes les nuits, des brouillards brumeux qui enveloppaient les sommités et les arêtes des montagnes, et dont l'éclat semblait augmenter à mesure que la saison avançait. Indépendamment de ce phénomène général, on observa, le 9 octobre, à 5 heures du matin, une lumière polaire qui brillait au Sud, à 1000 pieds environ au-dessus de la chaîne des montagnes, et qui s'éteignait peu à peu du côté du Nord. Une lumière à peu près semblable se montra le 11 octobre, et le 12 un nuage se résolvant en neige fine sur les



montagnes, laissait voir au-dessous de lui une lumière jaune-pâle formant, de son côté, des aspérités aiguës. Le phénomène lumineux présentait un mouvement ondulatoire, outre le mouvement en avant qui lui était imprimé par la marche des nuages vers l'Ouest. Bientôt la lumière disparut et fut remplacée par la chute d'une neige fine. Le 14 et le 15 octobre, dans la soirée, un nuage s'élevant, le 14 à l'O.S.O. et le 15 au S.E., présenta, quand il fut à une assez grande hauteur au-dessus de l'horizon, une lumière d'un jaune intense partant de ses bords supérieurs, qui ne tarda pas à se transformer en véritables rayons de lumière polaire, jaunâtres à leur base et tournant au rouge à leur sommet. Ces rayons, qui se mouvaient avec le nuage, s'élevèrent avec lui jusqu'aux environs du zénith, tendant à y former une couronne.

A l'entrée de la *Sophie* dans l'archipel norwégien, le 18 octobre au soir, on aperçut des fragments de lumière polaire épars çà et là dans tout le ciel au Nord et à l'Est, lesquels finirent par former un anneau continu autour de l'horizon. Les rayons de cet anneau, s'allongeant graduellement et se rencontrant subitement autour du zénith, formèrent, pendant quelques instants, une couronne boréale d'une régularité parfaite et présentant les plus vives couleurs.

A notre arrivée à Tromso, j'étudiai au spectroscope une belle lumière polaire qui se montra le 21 octobre, en commençant au Nord. Les premiers rayons accusèrent nettement la raie jaune dont il a été question. Le phénomène devenant plus brillant, il se forma vers le sud une bande chatoyant en jaune, en rouge et en vert, qui donna 1° la raie jaune; 2° dans la partie bleue une raie

très-nette et très-claire; 3° deux lignes de l'épaisseur d'un cheveu présentant des stries horizontales très-prononcées du côté du jaune. Je dois remarquer que la lumière de la raie jaune m'a toujours paru offrir la particularité d'être variable en intensité, tantôt plus vive tantôt moins forte. Le 27 octobre on put déterminer d'une manière plus précise la position des raies, et on trouva que la raie jaune fournie par une lumière colorée en jaune par le chlorure de sodium, était située à 61°,0; on avait dans la lumière aurorale la raie jaune à 74,9, la raie bleue à 65,90, et l'une des raies nuancées à 125,0; la seconde des raies nuancées était à 105,0 environ.

II.

Admettant en général la plupart des opinions émises dans l'ouvrage de M. Loomis sur l'Aurore boréale [1], et qui se rapprochent beaucoup de la théorie donnée par M. de la Rive avec des expériences à l'appui, je crois devoir cependant, à la suite des observations que j'ai rapportées, élever quelques doutes sur certaines parties de ce travail, et en partie sur celles qui sont relatives à la nature particulière du phénomène.

Le fait que la lumière polaire est un phénomène électrique se passant dans l'atmosphère est bien établi par l'analogie qui existe entre ses effets et ceux des courants électriques. Elle produit, comme eux, des perturbations sur l'aiguille aimantée et des courants dans un bon conducteur. Le phénomène lumineux lui-même a une parfaite ressemblance avec la lumière dégagée par des décharges électriques dans une atmosphère humide ou

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXXI, p. 273.



entre des électrodes placées dans l'air raréfié. Les résultats de l'analyse spectrale, tant ceux découverts par M. Angström, que les raies nouvelles que j'ai constatées, sont une nouvelle preuve de l'origine électrique de la lumière polaire, car pour avoir un spectre avec un gaz il faut qu'il soit incandescent, et l'électricité est la seule source de chaleur qui puisse produire cette incandescence dans les molécules aériennes et les autres particules constituantes de l'atmosphère.

La question de la hauteur à laquelle se manifeste la lumière polaire a été fortement controversée. A la suite d'observations faites en Amérique avec exactitude en plusieurs localités séparées, M. Loomis avait trouvé pour la hauteur de la belle Aurore boréale du 2 septembre 1859, une limite inférieure de 45 à 50 milles anglais et une limite supérieure de 450 à 500. M. Potter en Angleterre avait trouvé, en 1833, pour la hauteur de l'Aurore 63 milles, et Dalton, en 1826, l'avait estimée à 100. Lors de l'expédition française de 1838-1839, des observations faites simultanément à deux stations, Bossekop et Jupwig, avaient donné 60 à 100 milles pour la hauteur de l'Aurore. Toutefois, on a souvent observé la lumière polaire à des hauteurs beaucoup moindres; Farquharson, au moyen d'observations faites en deux points distincts d'un mille, avait trouvé une hauteur de 2481 pieds anglais, et le capitaine Parry vit dans une occasion la lumière polaire se produire entre l'endroit où il était et une montagne voisine distante d'environ 3000 yards. Les observations françaises faites à Bossekop ont également constaté l'existence d'une lumière polaire entre le lieu d'observation et une montagne voisine [1].

[1] M. A.-W. Malm, intendant du Musée de Gothenbourg, raconte,

Quoique M. Loomis et M. Bravais lui-même estiment que les observations qui donnent une hauteur si faible à la lumière polaire sont erronées et le résultat d'une illusion, je ne puis me ranger à cette opinion, et j'en donne comme preuve le phénomène que j'observai le 18 octobre 1868 à l'entrée de l'Archipel norwégien, dans lequel tout l'horizon était couvert de rayons qui ne tardèrent pas à se réunir autour du pôle magnétique et à y former une couronne régulière. Tous les phénomènes que j'ai observés et décrits relativement aux bords éclairés des nuages, montrent bien que dans ces cas la lumière polaire provenait de la région des nuages. Il est donc, selon moi, parfaitement conforme à la réalité que la lumière polaire atteint la région des nuages et descend même plus bas. D'ailleurs, on sait par de nombreuses observations que le nombre des orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres diminue considérablement à mesure qu'on s'approche des régions polaires, tellement qu'à 70° de latitude il n'y en a plus. Peut-on admettre que dans ces régions les nuages soient complétement dépourvus d'électricité? Nullement; mais seulement les décharges électriques s'y font d'une autre manière. J'ai observé à plusieurs reprises des décharges accompagnées de lumière électrique provenant des nuages épars ou de couches de nuages, ce qui produisait de véritables rayons polaires, et, plus souvent encore, j'ai vu les bords des nuages briller d'une lumière jaunâtre. Au reste, dans ces

dans la description d'un voyage qu'il fit en 1842 dans les Laponies de Suède et de Norwége, que lors d'une excursion de Maumu à Lyngen, se trouvant de nuit le 16 mars à une élévation de 3000 pieds par 40 degrés au-dessous de zéro, il observa la lumière polaire entre lui et les montagnes environnantes, et entendit un bruit de crépitation qui l'accompagnait.



hautes latitudes, ce n'est pas par les nuages seuls que l'électricité se décharge, c'est aussi directement par l'air humide, comme cela a aussi lieu pendant l'hiver dans la zone tempérée. On possède un grand nombre d'observations directes constatant l'existence de décharges lentes de cette nature, et on en a une preuve remarquable dans une observation de M. Angström qui, dans une occasion, a constaté la présence de la raie jaune de la lumière polaire dans la presque totalité du ciel.

S'il est bien établi que le phénomène de la lumière polaire a sa cause dans l'électricité de l'air, il s'en suit que son apparition dépend moins du magnétisme terrestre qu'on ne l'a admis jusqu'ici. Celui-ci peut exercer une action directrice sur la décharge électrique déjà formée, mais il ne peut contribuer à sa formation, qui ne doit dépendre que des conditions dans lesquelles se trouvent les différentes couches d'air. Quoique le magnétisme terrestre ait une influence sur la position de l'arc lumineux de la lumière polaire, il est difficile d'admettre comme Hansteen et Bravais, que la position de cet arc soit déterminée uniquement par le pôle magnétique.

Ainsi, le sommet de l'arc polaire est rarement dans la direction exacte de l'aiguille de déclinaison. Sur 226 observations faites sur la position de l'azimuth de l'arc lumineux polaire, on en trouve 36 pour 100 qui donnent pour cette position 30° plus à l'ouest, 32 qui lui assignent 10° à 20°, 7, 0° à 10° et 4, 0° à 26 à l'Est; d'où il résulte que la position de l'arc varie sur un espace de 25 à 30° et plus. Ces variations sont trop grandes pour pouvoir être expliquées par des perturbations accidentelles dans le magnétisme terrestre, d'autant plus que les plus grandes déviations dans la déclinaison magnétique, de 6° à

7° environ, observées parfois dans les régions polaires, sont précisément dues à l'influence de la lumière polaire elle-même.

On peut donc regarder comme assez certain que le magnétisme terrestre ne joue qu'un rôle relativement secondaire dans le phénomène de la lumière polaire, que ce rôle consiste essentiellement dans une action directrice sur les rayons mêmes de cette lumière et dans un mouvement de rotation exercé sur ces rayons; circonstances démontrées positivement par les expériences de M. de la Rive.

On a généralement voulu voir un effet de perspective dans la formation de la *couronne boréale*, qui a lieu lorsque la lumière polaire est très-intense et que ses rayons se réunissent autour du zénith magnétique. Si une certaine quantité de rayons polaires, parallèles à la direction de l'aiguille d'inclinaison, sont projetés à une hauteur considérable, ils doivent tous paraître se réunir autour du zénith magnétique; mais l'aspect qu'ils présenteraient serait plutôt celui d'une pointe étirée ou un enfoncement en entonnoir, suivant que l'observateur serait placé à côté ou au milieu du phénomène. Dans les régions polaires, il arrive assez souvent qu'on voit les rayons polaires partir de tous les points de l'horizon, ce qui fait que l'observateur se trouve dans l'intérieur même de l'anneau. Si donc la couronne était un phénomène de perspective, les rayons devraient paraître se réunir sous un angle quelque peu aigu; or, ce n'est nullement le cas, car on les voit y former une voûte présentant une grande ressemblance avec la coupole d'une église. Quoique je n'aie pas une expérience suffisante pour me prononcer d'une manière positive, je suis cependant très-disposé à croire



que, sous l'influence du magnétisme terrestre, et peut-être aussi par l'effet du pouvoir conducteur du milieu, les rayons de lumière subissent une flexion dont le résultat est de les réunir réellement dans les parties supérieures de l'atmosphère. En preuve, je peux citer la lumière polaire que j'observai le 18 octobre, sous le 70me degré de latitude. Les rayons, partant de tous les points de l'horizon, formaient un anneau immense et se réunissaient autour du zénith magnétique, où la couronne se formait d'une manière parfaitement régulière, présentant l'apparence d'une coupole surbaissée. Du reste, comme je l'ai déjà remarqué en citant cette observation, la lumière partait de la région des nuages, et elle ne pouvait donc pas être à une hauteur aussi grande, ce qui rend impossible d'admettre que la couronne fût un effet de perspective. D'ailleurs les expériences de M. de la Rive, qui ont démontré l'influence du magnétisme sur de la lumière électrique dans des circonstances presque identiques à celles que présente la lumière polaire, ne fournissent nullement la preuve que les rayons de cette lumière se réunissent réellement sous cette influence.

La lumière polaire, considérée comme décharge électrique, donne les résultats suivants [1] :

1° Un courant électrique provenant de la décharge elle-même, laquelle a lieu lentement.

2° Des rayons de lumière consistant en un nombre infini d'étincelles, chaque étincelle donnant naissance à deux

[1] L'auteur fait précéder cette partie de son travail de la description d'une expérience dans laquelle il a essayé, mais inutilement, l'action d'un aimant sur une série de décharges produites par la machine de Holtz dans des conditions particulières. Nous omettons cette description, qui serait peu intelligible sans le secours d'une figure qu'on ne nous a pas transmise, et qui a moins d'importance une fois que les résultats de l'expérience ont été négatifs. (*Réd.*)

courants d'induction, allant en sens contraire l'un de l'autre.

3° Un courant galvanique allant en sens contraire à celui de la décharge, et ayant son origine dans la force électromotrice découverte par M. Edlund dans l'étincelle électrique.

Pour se développer, ces courants ont besoin d'un circuit fermé ; il est vrai que, dans le phénomène de la lumière polaire, il n'en existe pas, à proprement parler, mais ce n'est pas nécessaire, vu que, dans ce cas, la terre d'une part, et l'air raréfié des régions supérieures d'autre part, sont des immenses réservoirs d'électricité qui produisent le même effet que si le circuit était fermé.

D'après la théorie de M. de la Rive, l'électricité positive de l'air, se déchargeant sur la terre, produit un courant que j'appellerai courant *principal;* ce courant est renforcé par l'un des courants d'induction qui, comme l'a montré M. Edlund, accompagnent la production de l'étincelle électrique, savoir celui qui, allant dans le même sens que la décharge, peut seul acquérir un certain degré d'intensité. Mais ce courant principal, ainsi renforcé, est contre-balancé en partie par celui qui, a une direction contraire, et auquel donne naissance la force électromotrice de l'étincelle. On voit, par les observations faites avec les fils télégraphiques pendant l'apparition de la lumière polaire, que c'est tantôt l'un, tantôt l'autre de ces deux courants qui l'emporte, le premier étant en général prédominant, vu qu'on a observé que le courant donné par les fils télégraphiques est plus souvent dirigé du nord au sud que du sud au nord.

La lumière polaire, dans les conditions où elle est produite, renferme en elle-même toutes les conditions néces-



saires pour que le magnétisme puisse agir sur elle, car un rayon de cette lumière constitue un courant flexible dans toutes ses parties, et doit par conséquent obéir à la loi découverte par Plucker, d'après laquelle un semblable courant prend nécessairement la forme d'une courbe magnétique. C'est là qu'on doit chercher la cause de la formation de la couronne, en tenant compte en même temps des variations de conductibilité de l'air raréfié dans les régions supérieures de l'atmosphère.

Quand un arc de lumière polaire se montre, on le considère comme faisant partie d'un anneau rayonnant, dont le centre coïncide à peu près avec le pôle magnétique. Les rayons de cet anneau sont parallèles à la direction de l'aiguille d'inclinaison, et devraient par conséquent diverger de tous les côtés; circonstance défavorable à leur réunion en perspective au zénith magnétique. Mais il n'est point prouvé que le rayonnement ait toujours pour centre le pôle magnétique; il peut très-bien avoir un autre point central, comme cela a eu lieu dans mon observation du 18 octobre. Dans ce cas, en effet, il aurait été impossible que l'anneau fût visible dans sa totalité s'il avait eu pour centre le pôle magnétique. D'ailleurs, cette variation de position est plus conforme à la manière dont s'opèrent les décharges électriques et avec les particularités observées dans les apparitions locales de la lumière polaire [1].

[1] L'auteur remarque ici que l'apparition de la lumière polaire est toujours accompagnée de la présence d'un segment obscur à travers lequel on aperçoit clairement les étoiles. Il rappelle à cette occasion les expériences de M. de la Rive qui, en transmettant la décharge d'une bobine de Ruhmkorff à travers de l'air très-raréfié, a constaté l'existence d'une bande obscure très-remarquable près de l'électrode négative. L'auteur cite une expérience qu'il a faite en présence de

Revenant aux lueurs observées autour des cimes élevées du Spetsberg, je dois remarquer que ce n'est pas la première fois qu'elles ont été signalées. Le savant philologue finlandais Cashen en a observé dans ses voyages en Sibérie, et en a donné la description de manière à rendre frappante la ressemblance avec celles que j'ai observées moi-même. La même observation a été faite dans l'Amérique du Sud, au-dessus des cimes des Cordillières, et dans plusieurs autres localités citées par M. Delleman. Les *Archives des Sciences physiques et naturelles* (tome XXXI, p. 15) contiennent un travail de M. H. de Saussure, où sont décrits un grand nombre de phénomènes appartenant sans nul doute à la même catégorie. Mais c'est surtout dans les régions arctiques que l'on peut trouver les circonstances les plus favorables pour ce genre d'observations, et il serait à désirer que les expéditions futures s'en occupassent.

Si l'on recherche la cause pour laquelle les nuages des latitudes supérieures se déchargent sous la forme de lumière polaire, et non sous celle de tonnerre et d'éclairs, elle est facile à trouver : c'est l'*humidité permanente de l'air*. Les observations hygrométriques faites pendant l'expédition de la *Sophie* montrent que l'air est constamment saturé de vapeurs aqueuses qui se condensent le plus souvent en nuages, plus rarement en pluie. Il est clair que cette couche d'humidité, bonne conductrice de l'élec-

M. Edlund, dans laquelle, en employant une machine à électrophore, il obtint dans un tube, où l'air était très-raréfié, une lueur bleuâtre suivie d'une bande obscure fortement marquée autour de l'électrode négative, et une espèce de couronne de rayons autour de l'électrode positive. Dans le phénomène de la lumière polaire, la terre constitue l'électrode négative, l'air raréfié des hautes régions de l'atmosphère l'électrode positive, et le segment obscur présente une grande ressemblance avec la bande obscure de l'expérience précédente. (*Réd.*)



tricité, détermine une décharge lente. Si entre les pôles d'une machine électrique pas assez rapprochés pour qu'il y ait décharge, on projette, au moyen d'un pulvérisateur, de l'eau très-divisée, on voit la décharge s'opérer sous forme de raies brillantes. Il en est de même dans un cylindre de verre, dans lequel on raréfie l'air avec quelques coups de piston, raréfaction qui suffit pour y déterminer un brouillard humide; la décharge, qui s'y faisait d'abord sous forme d'étincelle, finit par se transformer peu à peu en un courant lumineux, présentant les couleurs ordinaires qu'on remarque dans la lumière polaire.

Plus le degré relatif d'humidité de l'air s'accroît, augmentation qui, à la surface de la terre, va de l'équateur aux pôles, plus la décharge électrique s'opère facilement sous la forme de lumière polaire; mais peut-être y a-t-il une limite au delà de laquelle la décharge a lieu même sans accompagnement de lumière, tant l'humidité est grande. C'est ce qui semble résulter du tableau dressé par M. Loomis de l'extension géographique de la lumière polaire; tableau d'après lequel il existerait une zone comprise entre le 68me et le 76me degré de latitude en Europe et entre le 50me et le 64me en Amérique, dans laquelle se produirait le plus grand nombre de phénomènes de lumière polaire. Cette particularité très-intéressante a été constatée par les observations faites pendant notre expédition, car au Spetsberg, c'est toujours au Sud qu'apparaissait la lumière polaire, tandis qu'à une latitude inférieure, au 69me degré, elle se montrait ou au zénith ou au Nord.

Je reviendrai sur la question de l'analyse spectrale; je signalerai seulement pour le moment la mobilité si pro-

noncée de la lumière de la raie jaune, ce qui semble indiquer une source lumineuse discontinue, laquelle est formée évidemment par un nombre infini d'étincelles se succédant très-rapidement.

Quant au bruit de crépitation, soit bruissement, qui accompagnerait l'apparition de la lumière polaire, je ne puis me prononcer d'une manière positive à cet égard, vu que, dans les occasions où j'ai pu l'observer, le bruit combiné de la mer et du vent était de nature à étouffer le bruit de la faible crépitation d'une décharge électrique. Ce qu'il y a de probable, c'est qu'un bruit peut fort bien être entendu dans de certaines circonstances, dans le cas, par exemple, où la décharge a lieu à une hauteur minime, et aussi quand elle se fait entre de petites aiguilles de glace qui doivent provoquer de plus longues et par conséquent de plus fortes étincelles que celles qui ont lieu entre de simples particules d'eau. Les circonstances particulières nécessaires pour la production de ce son étant probablement très-rares, on conçoit pourquoi il n'y a pas accord entre les observateurs sur le fait de son existence.

Quelques remarques à l'occasion du mémoire de M. Lemström, par M. le prof. A. DE LA RIVE.

Je trouve dans les observations faites par M. Lemström dans les régions polaires une confirmation si complète des idées que j'ai émises en plusieurs occasions sur la cause et l'explication des aurores polaires, que je ne puis m'empêcher de rappeler très-sommairement quelques-uns des points sur lesquels l'observation et la théorie sont complétement d'accord. En général je me suis toujours trouvé d'accord avec les observateurs, soit qu'il s'agisse de Parry, de Franklin, de Ross, soit qu'il s'agisse



de Bravais et de Martins; c'est plutôt entre les théoriciens et moi qu'il y a eu quelquefois divergence. Je dois remercier M. Lemström du soin qu'il a eu, à chaque occasion, de rappeler mes expériences et les conséquences que j'en avais déduites et dont il a montré l'exactitude.

M. Lemström établit par un grand nombre de faits appuyés de raisonnements incontestables, que la lumière polaire est due à l'électricité atmosphérique dont il a constaté la présence dans les régions polaires, souvent dans la région des nuages, et quelquefois même plus près de terre. Il montre, comme je l'avais fait, que cette lumière est la conséquence des décharges électriques qui, dans ces régions chargées constamment d'humidité, s'opèrent d'une manière lente et continue, au lieu de s'opérer par secousses et d'une manière instantanée en produisant les éclairs, comme cela a lieu dans les régions équatoriales et de latitudes moyennes.

Il montre avec raison que le magnétisme terrestre auquel on avait attribué une importance exagérée dans la production de la lumière polaire, ne joue dans ce phénomène qu'un rôle très-secondaire. Ce rôle consiste simplement à imprimer aux jets électriques lumineux une certaine direction à laquelle ils peuvent obéir à cause de leur flexibilité qui tient à ce que le conducteur qui les propage est gazeux. Il s'appuie à cet égard sur les expériences par lesquelles j'ai démontré cette influence et sur la loi à laquelle Plucker a trouvé qu'elle était soumise.

Un point très-essentiel sur lequel M. Lemström insiste et qui avait été déjà signalé par plusieurs observateurs et surtout par Bravais, c'est que la couronne formée dans quelques cas par les rayons de la lumière polaire, est bien loin d'avoir toujours pour centre le zénith magnéti-

que, c'est-à-dire la verticale passant par le pôle magnétique de la terre. En effet, quoique la formation de cette couronne tienne bien à l'influence directrice du magnétisme sur les courants électriques qui forment les jets lumineux, et ne soit pas, comme le prouve très-bien M. Lemström, un simple effet de perspective, elle doit dépendre aussi de la direction du trajet que suivent dans l'atmosphère les décharges électriques, direction qui change elle-même avec la conductibilité plus ou moins variable des différentes couches atmosphériques, en sorte que l'influence réunie de ces deux causes doit imprimer aux rayons une courbure et une position qui ne peuvent être toujours les mêmes.

En un mot, les décharges électriques qui s'opèrent aux régions polaires entre l'électricité positive de l'atmosphère et la négative du globe terrestre; voilà la cause essentielle et unique de la formation de la lumière polaire; lumière dont l'existence est indépendante de celle du magnétisme terrestre, celui-ci ne contribuant qu'à donner à cette lumière une certaine direction, et dans quelques cas, à lui imprimer un mouvement. C'est ce que j'ai toujours soutenu contre ceux qui croyaient voir dans le magnétisme terrestre, ou plutôt dans les courants d'induction qu'il est susceptible de développer, l'origine de la lumière polaire.

Je n'insisterai pas sur divers détails tels que la présence du segment obscur à la base des arcs lumineux de l'Aurore boréale dans lesquels M. Lemström voit, comme moi, un effet analogue à la bande obscure qui se produit à l'électrode négative dans les décharges électriques à travers l'air raréfié; tels encore que l'influence des particules de glace suspendues dans l'atmosphère que j'avais

signalée aussi. Je me bornerai à insister sur un point qui m'avait, je le reconnais, complétement échappé, et qui a une véritable importance. Quoique, dans ma théorie, les courants terrestres qui résultent des décharges électriques, cause de la lumière polaire, doivent être dirigés du Nord au Sud, on en remarque quelquefois, soit dans les fils télégraphiques, soit dans leur action sur les aiguilles de boussole, qui marchent en sens contraire, c'est-à-dire du Sud au Nord; les premiers sont, il est vrai, de beaucoup les plus nombreux et les plus intenses; mais les seconds se montrent aussi de temps à autre. M. Lemström les attribue aux courants d'induction et à la force électromotrice, qui accompagnent toujours la production d'une étincelle électrique, ainsi que l'a découvert M. Edlund. Il considère en effet, avec raison, les décharges électriques qui constituent la lumière polaire comme une série d'un nombre infini d'étincelles, et dès lors il trouve dans ce fait une explication satisfaisante de l'apparition des courants de sens contraire au sens du courant principal qui va du Nord au Sud.

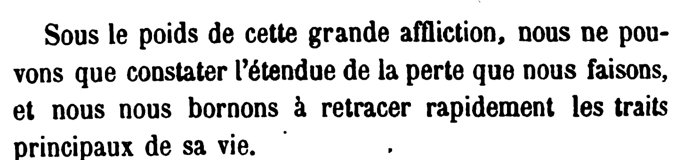
La lecture du travail de M. Lemström, tout en me confirmant dans les idées théoriques que j'ai émises sur les Aurores polaires, m'a montré qu'il y avait encore bien des points à éclaircir dans ce sujet intéressant, en particulier en ce qui concerne la propagation de l'électricité dans l'air plus ou moins humide et amené à de très-basses températures, et l'influence d'un très-fort magnétisme sur les décharges électriques opérées dans ces conditions. C'est cette étude que je me propose de faire incessamment.

ÉDOUARD CLAPARÈDE.

L'Académie de Genève, et l'on peut dire le monde scientifique, viennent de faire une perte considérable: Édouard Claparède est mort le 31 mai à Sienne, en revenant de Naples, où il avait espéré trouver un soulagement à sa longue maladie.

Jeune encore, Claparède était déjà un des maîtres incontestés de la science. Son habileté dans l'observation délicate des animaux inférieurs, ainsi que dans le maniement du scalpel et du microscope, jointe à un grand talent de dessin et un parfait jugement dans l'interprétation des faits, avaient donné à ses travaux une autorité rare. Ses élèves se souviendront avec un profond regret de son enseignement, si clair et si élevé, dans lequel l'abus des détails ne venait jamais obscurcir ou dominer les questions générales. Les lecteurs de la *Bibliothèque universelle* n'oublieront pas non plus ses analyses savantes, qui ont donné une véritable importance au *Bulletin scientifique des Archives.* Tous ceux qui ont eu le bonheur de l'entendre dans les séances de la Société de Physique et d'Histoire naturelle, ou dans des conversations particulières, rendaient hommage à l'étendue de ses connaissances, aussi bien qu'aux formes aimables qu'il savait donner à la discussion. Aucun sujet, pour ainsi dire, ne paraissait dépasser sa capacité, et, dans les diverses branches des sciences naturelles en apparence étrangères à ses travaux, il paraissait souvent aussi supérieur que dans celles qui l'avaient plus spécialement occupé.





Sous le poids de cette grande affliction, nous ne pouvons que constater l'étendue de la perte que nous faisons, et nous nous bornons à retracer rapidement les traits principaux de sa vie.

Jean-Louis-René-Antoine-Édouard Claparède est né à Genève, le 24 avril 1832. Son père, ministre du saint Évangile, fut nommé pasteur de la paroisse de Chancy, et c'est dans ce village que se passèrent les années d'enfance d'Édouard. Il suivit à Genève l'enseignement du Collége classique et du Gymnase jusqu'à l'année 1850, et, pendant les deux années suivantes, les cours de l'Académie. Il en sortit en 1852, avec le diplôme de bachelier ès lettres et ès sciences (maître ès arts), et entra comme étudiant dans l'Université de Berlin. C'est dans cette université que Claparède fit ses principales études, et qu'il se développa rapidement sous l'influence de professeurs distingués, et en particulier sous celle d'Ehrenberg et de J. Müller. Ce dernier le reçut dans son laboratoire, et ne tarda pas à s'affectionner à un élève dont il sut apprécier les rares qualités. Malheureusement, on peut croire qu'à la même époque, un travail trop ardent détermina chez lui les premiers germes d'une grave maladie organique du cœur, contre laquelle il a lutté jusqu'à la fin de sa vie. On peut même dire qu'il n'a prolongé son existence, dans ces dernières années, que grâce à une énergie exceptionnelle et à une force morale inouïe.

En 1857, il obtint le grade de docteur, et publia une thèse sur l'anatomie du Cyclostome élégant. Il ne tarda pas à faire suivre ce premier travail d'œuvres plus importantes, dont nous ne pouvons pas donner ici l'énumération. Bornons-nous à citer ses travaux avec Lachmann

sur les Infusoires et les Rhizopodes (1858 et suivantes), ses études sur l'évolution des Araignées (1862), sur les Annélides de Port-Vendre (1864) et du golfe de Naples (1868 et suivantes), sur les Lombrics (1869), etc. La seconde partie de l'anatomie des Annélides de Naples est sous presse aujourd'hui, et représente les derniers travaux qu'il a pu faire.

Sa maladie s'aggravant toujours, ses amis espérèrent qu'un nouveau séjour dans le climat de Naples pourrait en arrêter la marche et lui rendre quelques années de santé ; mais il n'en a pas été ainsi. Il a passé tout l'hiver dans des souffrances cruelles, et, après une courte amélioration, il a cru pouvoir revenir à Genève; mais il n'a pas pu dépasser Sienne, où une crise fatale a terminé cette vie trop courte et si utilement remplie. Claparède n'avait que 39 ans.



BULLETIN SCIENTIFIQUE.

CHIMIE.

JULIUS THOMSEN. SUR LA CHALEUR DE NEUTRALISATION DES BASES INORGANIQUES ET ORGANIQUES SOLUBLES DANS L'EAU. (*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1871, p. 308.)

Poursuivant avec persévérance, et avec l'exactitude qui donne un si grand prix à ses travaux, ses recherches sur les chaleurs dégagées par la combinaison des acides et des bases, M. Thomsen résume, dans ce nouveau mémoire, les résultats qu'il a obtenus par la neutralisation des diverses bases par l'acide sulfurique.

Ses recherches ont porté d'abord sur le groupe des alcalis. Chaque équivalent ou double molécule d'hydrate alcalin, R^2O, H^2O ou 2 ROH, était neutralisé par un équivalent ou molécule d'acide sulfurique SO^4H^2, l'un et l'autre étant en dissolution dans 400 molécules d'eau.

Les chaleurs dégagées ont été les suivantes :

Lithium.	31290	calories.
Sodium.	31040	»
Potassium . . .	31050	»
Thallium. . . .	31140	»

L'accord de ces résultats est surtout digne de remarque, si l'on observe que les poids atomiques de ces métaux varient de 7 pour le lithium à 204 pour le thallium.

Ainsi tous ces hydrates dégagent à peu près la même quantité de chaleur en se combinant avec l'acide sulfurique. Le nombre moyen serait de 31130; la plus grande différence s'observe pour le lithium, elle ne dépasse pas 5 pour mille.

Pour le groupe des terres alcalines, comprenant la baryte, la strontiane, la chaux et la magnésie, la chaleur de neutralisation a pu encore être déterminée directement pour les trois premières, seulement il a fallu employer des dissolutions plus étendues pour la chaux et la strontiane, à cause de leur faible solubilité. La chaleur de neutralisation de la magnésie a dû être déterminée indirectement en précipitant le sulfate de magnésie, soit par la potasse, soit par la baryte. Il a fallu d'ailleurs tenir compte de la chaleur dégagée par la précipitation, à l'état insoluble, des sulfates de baryte et de strontiane.

En tenant compte de tous ces éléments, l'auteur a obtenu :

Pour la baryte. . . .	31290	calories
» strontiane. .	31100	»
» chaux. . . .	31040	»
» magnésie . .	31130	»

Ce dernier nombre exigerait une correction en raison de l'insolubilité de la magnésie, mais elle serait très-faible.

On voit par là que les terres alcalines, y compris la magnésie qui n'est pas toujours rangée dans ce groupe, se comportent exactement comme les alcalis, la chaleur moyenne de neutralisation pour ce groupe étant 31140 calories.

Les autres bases inorganiques dégagent moins de chaleur lors de leur neutralisation par l'acide sulfurique. L'auteur signale, en particulier, la très-grande différence qui se présente pour les oxydes de plomb et d'argent qui, sous d'autres rapports, offrent de si grandes analogies avec la chaux et la soude. La chaleur de neutralisation de ces bases par l'acide sulfurique est de 18750° pour l'oxyde de plomb et de 14040° pour l'oxyde d'argent. Au reste, le groupement des bases ne demeure pas le même pour tous les acides, ainsi l'oxyde de thallium, dans sa neutralisation par l'acide chlorhydrique et l'acide sulfhydrique se sépare complétement des alcalis et se rapproche tout à fait de l'argent.



On considère souvent une dissolution aqueuse de gaz ammoniac comme l'équivalent des dissolutions des alcalis fixes, en admettant qu'elle renferme de l'oxyde d'ammonium. M. Thomsen montre que cette assimilation n'est point justifiée. La chaleur de neutralisation d'une dissolution d'ammoniaque par l'acide sulfurique est seulement de 28150°, inférieure de 11 pour 100 à celle des alcalis fixes. Il remarque d'ailleurs que l'étude des chaleurs spécifiques et des volumes moléculaires de la dissolution d'ammoniaque établit également qu'elle possède une constitution toute différente de celle des alcalis fixes.

La préparation des bases organiques solubles en quantité un peu considérable, présente des difficultés telles, que M. Thomsen a dû restreindre ses recherches sur ce sujet, à trois corps bien caractérisés de ce groupe.

L'hydrate d'oxyde de tétraméthylammonium, que l'analogie de ses propriétés avec celles des alcalis range si naturellement dans ce groupe, lui appartient aussi par sa chaleur de neutralisation par l'acide sulfurique; elle a été trouvée en effet de 31010°, ne différant pas de plus d'un millième de celles de la potasse et de la soude.

L'éthylamine se place au contraire, comme on pouvait s'y attendre, à côté de l'ammoniaque; sa chaleur de neutralisation, par l'acide sulfurique, est de 28350 calories.

La triéthylstibine, comme base divalente, présentait un intérêt particulier. Ses sels neutres, tels que le sulfate Ae^3 Sb O, SO^3, peuvent être rapprochés des sels des terres alcalines. L'étude de sa chaleur de neutralisation par l'acide sulfurique a donné un résultat inattendu; elle est si faible qu'elle atteint à peine un dixième de celle des autres bases, et se rapproche plutôt de celle qui se produit par le mélange de deux sels susceptibles de former un sel double M. Thomsen s'est assuré d'ailleurs que ce fait n'est point particulier à la combinaison de cette base avec l'acide sulfurique. Sa neutralisation par l'acide iodhydrique donne lieu à un

dégagement de chaleur encore plus faible, bien qu'une partie de l'iodhydrate formé se sépare en cristaux. La triéthylstibine doit être par conséquent considérée comme un corps à part, qui n'appartient nullement au groupe des véritables bases organiques.

Ces premiers résultats montrent combien il y aura d'intérêt à poursuivre ces recherches, et combien elles pourront contribuer à nous éclairer sur la constitution des bases organiques.

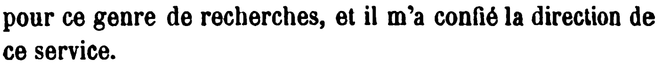
ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

L.-F. DE POURTALÈS. LE FOND DE LA MER DANS LE GULF-STREAM ET L'ATLANTIQUE, LE LONG DES CÔTES DE L'AMÉRIQUE DU NORD. (*Mittheilungen* du Dr Petermann, vol. 16me, octobre 1870.)

Dans le numéro de mai des *Archives*, M. le prof. Claparède, que la mort a si promptement enlevé à la Science, a résumé de la manière la plus intéressante le résultat des dernières recherches qui ont été entreprises pour scruter le fond des mers à différentes latitudes. Comme appendice à cet important article, nous donnons ici la traduction abrégée du dernier mémoire de M. de Pourtalès, inséré dans les « Mittheilungen » du Dr Petermann.

« Déjà en 1844, M. le professeur A.-D. Bache, nommé surintendant du « Coast Survey, » donna l'ordre de recueillir des échantillons des produits que ramenait la sonde, pendant le cours des opérations hydrographiques. Il a commencé ainsi une collection systématique des divers dépôts formant le fond de l'Atlantique, recueillis à une profondeur qui, en général, ne dépassait pas 100 brasses, sauf dans le lit du Gulf-Stream où la sonde a été descendue à des profondeurs beaucoup plus considérables. Cette collection s'est continuée depuis. Pendant les quatre dernières années, le surintendant actuel du « Coast Survey, » encouragé par M. Agassiz, a donné l'ordre d'employer la drague, bien plus avantageuse que la sonde





pour ce genre de recherches, et il m'a confié la direction de ce service.

Chacun des échantillons du fond est conservé dans un flacon, portant outre la date, l'indication exacte de la longitude, de la latitude et de la profondeur du point d'où il a été ramené. La collection se compose déjà de près de 9000 flacons. L'étude microscopique de cette quantité d'échantillons a été entreprise par M. le prof. J.-W. Bayley. Après sa mort elle m'a été confiée, mais comme je ne puis consacrer beaucoup de temps à cette étude, elle est encore loin d'être terminée. Les résultats obtenus ont cependant déjà une certaine importance et méritent d'être signalés.

Le long des côtes, depuis le cap Cod jusqu'à Cuba, les dépôts qui constituent le fond sont de diverse nature.

On distingue tout d'abord les fonds siliceux et les fonds calcaires. Les premiers se remarquent le long de la côte jusqu'au cap Florida; les seconds dans les profondeurs plus considérables et vers l'extrémité sud de la Floride, puis aussi dans les abîmes autour de Cuba et des îles Bahama. Les limites des fonds siliceux coïncident assez exactement avec celles du courant froid venant du nord; celles des fonds calcaires avec les limites des eaux chaudes du Gulf-Stream et à peu près avec une courbe passant par 100 brasses de profondeur. Il est probable toutefois que les conditions d'existence des animaux qui produisent le calcaire, sont bien plutôt influencées par la profondeur que par la température des eaux, puisque la température du fond est indépendante de celle de la surface.

Les fonds *argileux* occupent un espace plus restreint; on les observe à l'est de Long-Island et de Block-Island, puis au sud des îles de Marthas-Vineyard et de Nantucket. Ils proviennent probablement des bancs tertiaires primitivement très-étendus, dont les falaises bigarrées de Gay-Head sur Marthas-Vineyard et quelques gisements restreints dans le Massachusset sont les témoins les plus rapprochés. Ces fonds

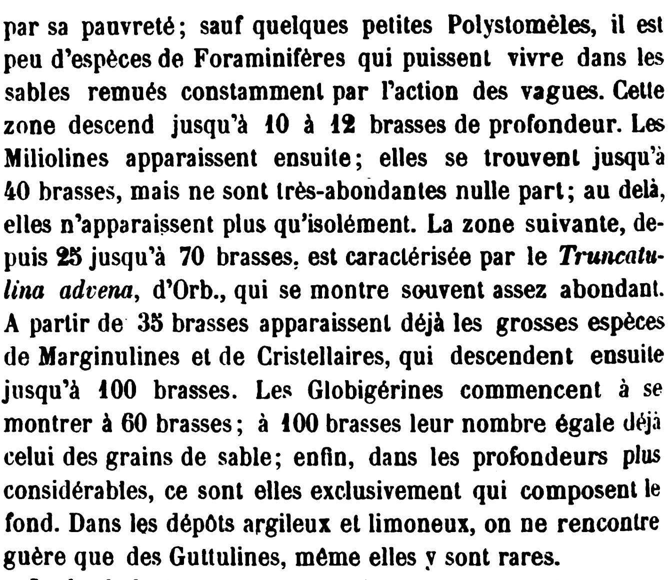
argileux sont connus des marins sous le nom de « Block-Island Soundings » et ils leur servent à reconnaître l'approche de la côté dans les temps brumeux. On rencontre encore des fonds analogues à la hauteur de New-York où on les connaît sous le nom de Mud-holes; ce sont des dépressions du fond remplies de limon, dans lesquelles M. Dana veut voir les traces du lit de l'Hudson à une époque géologique antérieure, alors que cette partie de l'Océan se trouvait émergée. Ces Mud-holes sont très-importants pour les marins.

Sables siliceux. Pour donner un aperçu des caractères qu'affectent les dépôts de cette nature, je prends pour exemple les côtes des environs de New-York vers Long-Island et New-Jersey, qui ont été particulièrement étudiées. Là le fond de la mer s'abaisse très-graduellement jusqu'à 100 brasses environ; à partir de cette profondeur, la pente devient tout à coup beaucoup plus raide. Il en est de même paraît-il le long de la plupart des côtes; c'est donc avec raison que la ligne qui passe par 100 brasses de profondeur est indiquée sur les cartes les plus modernes; c'est celle qui doit former le véritable contour des continents.

Le sable des côtes d'Amérique se compose principalement de quartz jaunâtre (d'un blanc pur dans le golfe de Mexico) mélangé d'une quantité plus ou moins considérable de grains noirs d'amphibole et d'un peu de feldspath. Parmi les grains les plus gros on distingue, quoique assez rarement, des fragments de roches anciennes qui ne se rencontrent pas sur les côtes; ils ont été amenés par les fleuves. Non loin de l'entrée de la baie de New-York, le sable se trouve mélangé d'une forte proportion de grains noirs; ce sont des grains de glauconie, des moules intérieurs de foraminifères fossiles provenant du grès vert de New-Jersey et charriés par les vagues.

L'étude des corps organisés, ramenés par la sonde avec les sables siliceux, a surtout porté sur les foraminifères; leur distribution permet de distinguer différentes zones plus ou moins tranchées. La première, le long de la côte, se distingue





par sa pauvreté; sauf quelques petites Polystomèles, il est peu d'espèces de Foraminifères qui puissent vivre dans les sables remués constamment par l'action des vagues. Cette zone descend jusqu'à 10 à 12 brasses de profondeur. Les Miliolines apparaissent ensuite; elles se trouvent jusqu'à 40 brasses, mais ne sont très-abondantes nulle part; au delà, elles n'apparaissent plus qu'isolément. La zone suivante, depuis 25 jusqu'à 70 brasses, est caractérisée par le *Truncatulina advena*, d'Orb., qui se montre souvent assez abondant. A partir de 35 brasses apparaissent déjà les grosses espèces de Marginulines et de Cristellaires, qui descendent ensuite jusqu'à 100 brasses. Les Globigérines commencent à se montrer à 60 brasses; à 100 brasses leur nombre égale déjà celui des grains de sable; enfin, dans les profondeurs plus considérables, ce sont elles exclusivement qui composent le fond. Dans les dépôts argileux et limoneux, on ne rencontre guère que des Guttulines, même elles y sont rares.

Le fond de la mer présente des caractères analogues sur toute la côte jusqu'au cap Florida. Cette vaste plaine de sable est à peine interrompue par quelques bancs de rochers calcaires qui appartiennent probablement à la formation tertiaire. Les fonds sableux ne dépassent pas le cap Florida au sud de l'île Key-Biscayn; l'île qui en est la plus rapprochée, à 5 milles plus au sud, appartient déjà à la formation coralligène, de même que toute la chaîne des « Florida-Keys, » sauf les « Pine-Keys » qui sont encore formées de sables siliceux. Près du cap Sable, le sable siliceux reparaît de nouveau et s'étend vers le nord, le long des côtes occidentales de la Floride. Avec le changement de fond, coïncide un changement de faune. Beaucoup d'espèces appartenant à la faune dite carolinienne disparaissent vers le cap Florida et reparaissent vers le cap Sable et sur la côte occidentale. Entre ces deux points elles sont entièrement expulsées par la faune coralligène des Antilles. Ainsi, par exemple, les huîtres ne se rencontrent point sur les fonds coralliens; elles sont en revanche abondantes à l'est et à l'ouest, sur les fonds sableux.

Fonds calcaires. 1° Calcaires coralliens.

Le cap Florida est le point le plus septentrional où cette formation se rencontre sur les côtes des États-Unis. Le récif de coraux de la Floride a été étudié à fond par M. Agassiz, mais ce travail n'a malheureusement pas encore été complétement publié. La nature du fond, au delà du récif et dans les grandes profondeurs, était peu ou même pas connue. Les premiers essais de draguages dans le fond du Gulf-Stream ont été tentés en 1867, et poursuivis activement depuis. J'ai été chargé de la direction des recherches de concert avec M. Mitchel, et le steamer « Bibb » a été mis à notre disposition bien pourvu des appareils nécessaires.

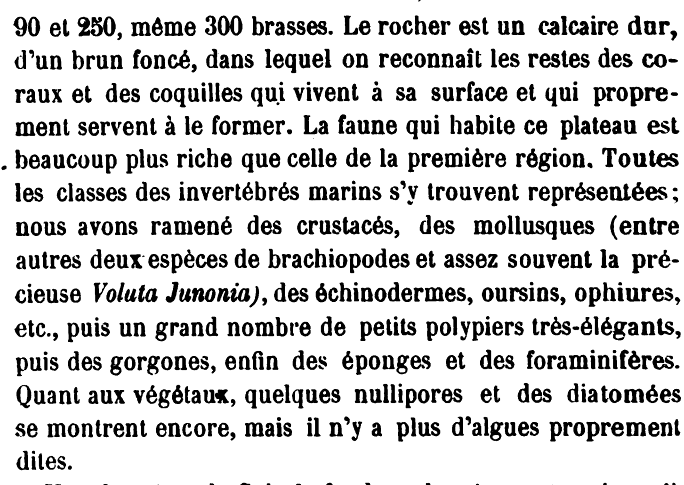
Esquissons à grands traits les résultats qui ont été obtenus.

Le récif de corail proprement dit a des limites assez tranchées du côté de la Floride, car les coraux qui le forment ne peuvent vivre que près de la surface. En dehors du récif, la déclivité du fond n'est pas très-rapide et n'est pas à comparer avec les abîmes d'où s'élèvent les îlots de coraux de l'Océan Pacifique ou même des Bahamas. Jusqu'à une profondeur de 90 à 100 brasses, la surface du fond est couverte principalement de coquilles mortes, de fragments de coraux et d'autres objets analogues, plus ou moins brisés et roulés [1]. Les animaux et les végétaux sont rares sur les fonds de cette nature; il ne s'y trouve que quelques petites espèces de coraux vivants *(Balanophyllia, Oculina)*.

A cette première région succède un plateau rocheux (plateau Pourtalès) dont l'inclinaison est faible; il commence un peu à l'ouest de « Sand-Key, » s'étend à l'est et au nord, atteint sa plus grande largeur (18 milles environ) un peu à l'est de « Sombrero-Key » et disparaît près du récif non loin du cap Florida. Sur le plateau, la profondeur varie entre

[1] Ceci fait comprendre pourquoi, dans certains dépôts coralliens de l'étage séquanien (Wimmis, La Mothe, dans la Haute-Marne, etc.), les fossiles se trouvent usés et roulés. On ne savait comment expliquer ce fait, car il n'était pas possible d'admettre que ces dépôts fussent littoraux.





90 et 250, même 300 brasses. Le rocher est un calcaire dur, d'un brun foncé, dans lequel on reconnaît les restes des coraux et des coquilles qui vivent à sa surface et qui proprement servent à le former. La faune qui habite ce plateau est beaucoup plus riche que celle de la première région. Toutes les classes des invertébrés marins s'y trouvent représentées; nous avons ramené des crustacés, des mollusques (entre autres deux espèces de brachiopodes et assez souvent la précieuse *Voluta Junonia)*, des échinodermes, oursins, ophiures, etc., puis un grand nombre de petits polypiers très-élégants, puis des gorgones, enfin des éponges et des foraminifères. Quant aux végétaux, quelques nullipores et des diatomées se montrent encore, mais il n'y a plus d'algues proprement dites.

Vers les côtes de Cuba le fond est de même nature jusqu'à une profondeur de 300 à 400 brasses; mais là, l'inclinaison du plateau est beaucoup plus rapide. La faune qui l'habite est également très-riche; mais malgré la faible distance qui sépare Cuba de la Floride, elle diffère notablement, sous bien des rapports, de la faune dont il vient d'être question.

Sur les bancs de Bahama, qui n'ont été étudiés, à la vérité, que sur un petit nombre de points, nous avons trouvé un fond couvert d'un limon calcaire blanc et s'abaissant avec une pente très-rapide.

2° *Calcaire à Foraminifères.* Dans le canal de la Floride, à de grandes profondeurs (un peu moins bas là où le banc de rochers n'existe pas), le fond de la mer se trouve couvert d'une couche crayeuse, entièrement formée de coquilles de Foraminifères. Cette formation se rencontre à peu près partout dans le lit du Gulf-Stream, dans les profondeurs du golfe du Mexique, dans les canaux profonds qui séparent les îles Bahamas, et enfin à partir de 100 brasses, probablement dans la plus grande partie de l'Atlantique. Ce sont les lieutenants Crawen et Maffit qui, les premiers, en 1853, ont mentionné l'existence de cette formation crayeuse si remarquable.

Parmi les *Foraminifères*, les *Globigérines* sont particulière-

ment abondantes, d'où le nom de calcaires à Globigérines; vient ensuite la *Rotalina cultrata*, également abondante, puis diverses *Textularia*, *Marginulina*, etc. C'est un fait désormais acquis à la science que ces animaux vivent et meurent sur le fond où on les rencontre. Outre les Foraminifères, la sonde ramenait de ces grandes profondeurs les débris d'autres animaux, et j'avais une fois compté dans un échantillon du fond de. deux pouces cubes, des fragments appartenant à 48 espèces dont 20 mollusques. Depuis que la drague a été employée nous avons ramené ces animaux vivants. Des petits polypiers libres, d'élégantes alcyonides, des ophiures, des vers, des mollusques, des crustacés, se trouvent fréquemment dans le filet; les petits poissons sont beaucoup plus rares. Nous avons trouvé assez souvent le remarquable petit crinoïde *Rhizocrinus Lofotensis*, découvert par Sars sur les côtes de Norwége, puis retrouvé par Carpenter et Thomson sur les côtes d'Angleterre, et, en 1869, par Smitt et Zjungman sur le banc « Josephina, » près des îles Açores. Ces quatre localités sont toutes dans le lit du Gulf-Stream. Les fonds de mer à Foraminifères peuvent être considérés comme une immense couche de craie en voie de formation, continuellement augmentée par les animaux qui vivent à sa surface. D'un autre côté les faunes, soit des régions littorales soit des grandes profondeurs, avec leurs nombreux polypiers et mollusques, fournissent les matériaux nécessaires à la formation de roches calcaires de différente nature, telles que oolithes, calcaires coquilliers et coralliens, conglomérats produits par la destruction de certaines roches plus anciennes, etc.

Je voudrais encore ajouter quelques mots sur une autre formation qui, déjà dans les périodes géologiques, a dû son origine aux Foraminifères et qui, de nos jours, se forme encore de la même manière sur le fond des mers. Je veux parler des *grès verts*.

Depuis longtemps déjà, Ehrenberg a montré que la glauconie ou grès vert se compose de petits grains qui ne sont

autre chose que le moule intérieur d'un Foraminifère. Après avoir étudié nos échantillons du fond, Bayley a découvert le premier qu'une glauconie toute semblable se produit encore maintenant. Nous avons pu suivre, dans toutes ses phases, la transformation qui s'opère. On trouve mélangés ensemble, dans nos échantillons de ce grès vert récent, des coquilles de Foraminifères tout à fait fraîches, d'autres qui sont encore intactes, mais dont les chambres se trouvent remplies d'une matière jaune qui pénètre comme par injection dans les canaux les plus délicats; d'autres encore qui sont décapées et dans lesquelles la matière jaune qui les remplissait est devenue verdâtre; d'autres exemplaires enfin dont la coquille est détruite et dont il ne reste plus que le moule intérieur. Ces moules sont parfois assez bien conservés pour qu'il soit possible de reconnaître, sur leur surface, les caractères de l'organisme; tantôt ils sont usés, roulés et rendus méconnaissables; souvent même ils se soudent les uns aux autres et finissent par former de petites concrétions de la grosseur d'une fève, dont on reconnaît fort bien l'origine lorsqu'on les polit.

Cette formation si curieuse a été rencontrée par nous à la hauteur de la Georgie et de la Caroline du Sud, à une profondeur de 50 à 100 brasses, sur les limites des sables siliceux et des calcaires à Foraminifères. Ce grès vert se retrouve encore dans le lit proprement dit du Gulf-Stream, à des profondeurs plus grandes, mais seulement sur des points isolés. Il n'a pas encore été possible d'expliquer pourquoi cette transformation s'opère ainsi sur une grande échelle, dans des régions strictement limitées. Les grès verts modernes se laissent facilement distinguer des grès verts fossiles de New-Jersey par le grand nombre de coquilles intactes ou encore incomplétement transformées qu'ils contiennent encore.

Dans nos explorations, nous avons fait descendre la drague jusqu'à 700 brasses. Nous avons rencontré partout des animaux vivants. Ils sont, il est vrai, en moins grande abon-

dance dans les grandes profondeurs, mais ce fait tient plus à la nature du fond dans les points où nous draguions qu'à la profondeur elle-même, car la richesse de la faune se modifiait très-brusquement là où les fonds rocheux touchaient aux fonds calcaires à Foraminifères.

La température baisse en raison directe de la profondeur, et arrive à un petit nombre de degrés au-dessus de zéro.

La lumière pénètre probablement très-loin dans une certaine mesure; l'eau est si limpide qu'une assiette blanche se voit encore à la profondeur de 27 brasses. Les crustacés, les annélides, les mollusques ont des yeux complétement développés, plutôt plus grands relativement que ceux de leurs congénères qui habitent les régions littorales.

Parmi les résultats les plus importants de nos recherches, nous plaçons en première ligne la constatation du fait que les polypiers et les Échinodermes des grandes profondeurs se rapprochent considérablement des types des faunes tertiaires et crétacées, et que les limites de leur extension géographique sont des plus étendues. »

Le mémoire de M. de Pourtalès est accompagné de cartes coloriées très-instructives, sur lesquelles les contours des différentes formations se trouvent indiqués aussi exactement que peut le permettre l'état actuel des recherches.

Indépendamment du point de vue zoologique, les résultats obtenus par les dernières expéditions dont il a été rendu compte, intéressent au plus haut degré le géologue et le paléontologiste. Nous avons appris, par les investigations récentes, quel a pu être le mode de formation de plusieurs des dépôts que nous retrouvons dans les périodes anciennes, et un jour nouveau est venu éclairer leurs relations mutuelles. Nous savons maintenant que dans le fond des mers, des formations de nature diverse, assez strictement limitées et habitées par des faunes distinctes, peuvent se rencontrer côte à côte, souvent dans un étroit espace, et nous connaissons le rôle si important que joue la profondeur des eaux dans leur

distribution. Il nous est facile de concevoir que, par suite des mouvements plus ou moins considérables de la croûte terrestre, la profondeur et les circonstances favorables à un dépôt d'une certaine nature et au développement d'une certaine faune peuvent se modifier graduellement, puis après un certain laps de temps, revenir à leur premier état; il en résulte que des formations superposées sur un point donné peuvent fort bien se trouver contemporaines et se rencontrer côte à côte dans une autre région. Bien des problèmes géologiques pourraient être expliqués de cette manière et par des considérations analogues. D'un autre côté, le paléontologiste trouve dans les êtres nouvellement découverts qui habitent les grandes profondeurs, des types qu'il ne rencontrait plus dans la nature vivante, et qui lui servent à rattacher des chainons qu'il désespérait de pouvoir relier entre eux. Lui aussi trouvera l'explication de bien des problèmes qu'il ne pouvait résoudre, ayant trait à la distribution et à la succession des faunes, dans ces découvertes si curieuses qui ont permis de reconnaître, là où il y a peu d'années encore on croyait qu'il n'y avait aucun être vivant, des faunes variées qui se modifient suivant la nature du fond et suivant la profondeur, et dont les types, ainsi que M. Alex. Agassiz l'a fait remarquer, se rapprochent toujours davantage de types plus anciens à mesure que la profondeur à laquelle on les rencontre est plus considérable. Les efforts tentés jusqu'à présent, malgré leur importance, ne sont que peu de chose relativement à l'immensité du champ qui reste à étudier, et cependant que de faits déjà acquis, et que ne sommes-nous pas en droit d'attendre des recherches qui vont se poursuivre, espérons-le, avec une nouvelle activité et une nouvelle énergie.

P. de L.

SUR LES

NOUVELLES RECHERCHES DU Dr W. CARPENTER

RELATIVES

A LA TEMPÉRATURE ET A LA COMPOSITION DE L'EAU DE MER

DANS LES

GRANDES PROFONDEURS DE L'OCÉAN ET DE LA MÉDITERRANÉE

(Voyez *Proceedings de la Société Royale de Londres*, du 8 décembre 1870, et *Proceedings de l'Institution Royale*, tome VI, partie 3.)

Le dernier numéro de ce recueil contient un résumé de plusieurs travaux récents [1] relatifs aux sondages et aux draguages pratiqués à de grandes profondeurs dans diverses mers. Il y est rendu compte entre autres des explorations anglaises de 1869, entreprises par l'amirauté sur la demande de la Société royale de Londres, et dont la direction générale scientifique fut confiée au Dr W. Carpenter, accompagné d'autres savants distingués. Ces explorations avaient pour objet la portion de l'océan Atlantique qui baigne les côtes d'Irlande, celles d'Écosse et les îles Hébrides, ainsi qu'une étude approfondie du détroit profond situé entre le nord de l'Écosse et les îles Feroë. Nous n'y reviendrons qu'accidentellement; le sujet, envisagé surtout sous le point de vue biologique, ayant été suffisamment développé dans l'article auquel nous venons de faire allusion. Ce fut dans

[1] Le résumé en question est dû à la plume de notre regretté collègue, le professeur Édouard Claparède. Voyez *Archives des Sciences physiques et naturelles* du 15 mai 1871, tome XLI, page 66.



l'été de 1870 que l'amirauté anglaise donna suite à son projet d'envoyer une seconde expédition chargée de répéter, d'abord dans la baie de Biscaye et le long des côtes d'Espagne et de Portugal, et ensuite dans la Méditerranée, les observations faites l'année précédente dans le grand bassin de l'Atlantique septentrionale. La direction scientifique de cette expédition fut de nouveau confiée au Dr Carpenter, aidé de son fils, habile chimiste, et accompagné par MM. Jeffreys et Wyville Thomson, ce dernier chargé plus spécialement des opérations de draguage.

Le bateau à vapeur de la Marine royale, le *Porc-épic,* mis de nouveau à la disposition de l'expédition, quitta les côtes d'Angleterre le 4 juillet 1870. Cinq semaines environ furent consacrées à l'étude des profondeurs de l'Océan depuis Falmouth jusqu'à Gibraltar. L'étude du bassin de la Mediterranée a duré jusqu'à la fin de septembre, et c'est le 8 décembre que le Dr Carpenter a rendu compte à la Société royale du résultat des recherches dont elle l'avait plus spécialement chargé. Son rapport, fort étendu, a été publié dans le tome XIX, n° 125, des *Proceedings* de la Société royale, et plus tard, sous une forme un peu différente, dans le tome VI, partie 3, des *Proceedings* de l'Institution royale de la Grande-Bretagne. Ce sont ces deux rapports qui ont servi de base à la notice actuelle, laquelle n'est au fond qu'un résumé un peu détaillé des principaux résultats physiques obtenus par l'expédition. Dans une autre occasion, peut-être, il pourra être question des résultats biologiques, bien que, comme on le verra, la faune méditerranéenne ne puisse aucunement soutenir la comparaison avec celle trouvée dans les profondeurs de l'Océan.

Les instructions données aux savants faisant partie de l'expédition de 1870, étaient les suivantes : 1° Continuer vers le sud l'exploration physique et biologique de la portion de l'Atlantique qui baigne les côtes de France et d'Espagne, depuis l'extrémité nord de la baie de Biscaye jusqu'au détroit de Gibraltar. 2° Étudier, sous les mêmes rapports, la portion occidentale du bassin méditerranéen, depuis le détroit de Gibraltar jusqu'à l'île de Malte. 3° Chercher à démontrer, directement par l'expérience, l'existence dans le détroit d'un courant inférieur dirigé de l'est à l'ouest, et qui serait destiné à ramener dans l'Océan tout ou partie du courant atlantique qui se précipite dans la Méditerranée.

§ 1er. *Composition et Température de l'Océan.*

1° *Température.* — La première série d'observations faite par l'expédition se rapporte à la température de la portion de l'Océan qui baigne les côtes de France et d'Espagne entre les latitudes 48 et 36. Disons d'abord que, pendant toute cette partie du voyage, la température de la mer à sa surface a été prise toutes les deux heures, tant le jour que la nuit. Depuis le 48me degré de latitude jusqu'au voisinage du cap St.-Vincent (latitude 36°,5), cette température a été en croissant d'une façon à peu près régulière à mesure que l'expédition avançait vers le sud. De 16°,6 C. elle est montée graduellement à 20°,5. Pendant le même temps la température moyenne de l'air est montée de 17°,2 à 20°,5. Au delà du cap Vincent, et en avançant vers le détroit de Gibraltar, on a constaté des variations notables dans la température soit de la surface de la mer, soit dans celle du fond, variations auxquelles nous reviendrons plus tard. Remarquons seu-



lement ici que, tandis que pendant la période où l'expédition, après avoir traversé la baie de Biscaye, s'avançait le long des côtes d'Espagne et de Portugal, la température de l'air était constamment plus élevée de 1° à 2°,7 que celle de la mer, cette différence a cessé de se montrer lorsque le *Porc-épic* s'est rapproché du cap Saint-Vincent, et a été même remplacée, à la latitude de ce cap, par une légère différence en sens contraire. Après avoir dépassé le cap Saint-Vincent, en cinglant un peu vers l'est, l'excès de température de la surface de la mer sur celle de l'air est devenu plus marqué, la température de la mer s'étant élevée subitement de 1° à 2°, tandis que celle de l'air, dont l'état hygrométrique n'avait pourtant pas sensiblement varié, ne s'était accrue que de 0°,5 à 1°. Les trois jours suivants, l'expédition ayant dépassé l'embouchure du détroit, s'est trouvée d'un degré environ de plus au sud, et cependant la température moyenne de la surface de la mer est retombée de 22°,9 à 22°,2, tandis que celle de l'air indiquait à 23°,2. En arrivant vers le centre du détroit, où règne à la surface de l'eau un fort courant d'ouest à est, la température de la mer est tombée subitement de 3°, savoir à 19°,2, tandis que celle de l'air est montée à 24°,7, indiquant ainsi la différence tout à fait anormale de 5°,5 entre la température de la mer et celle de l'air [1].

Nous n'avons parlé jusqu'ici que de la température de la surface de la mer. Le tableau suivant donne la température de l'Océan à différentes profondeurs sur les côtes

[1] Le Dr Carpenter est disposé à attribuer cette différence à ce que le courant en question provient probablement d'une couche de l'Océan située un peu au-dessous de la surface, et par conséquent en dehors de l'action directe des rayons solaires.

d'Espagne et de Portugal (latitude moyenne 39 degrés).

Profondeur en mètres.	Température de la surface.	Température du fond.
148	16°	11°,9
234	16,5	11,4
454	18,2	11,
607	16	10,7
622	19,4	10,3
858	21	10,7
1134	19,5	10,3
1313	19	10,3
1320	19,7	9,8
1353	18,75	9,4
1466	19	9,5
1818	20,07	4,6
1947	18,3	4,25
2000	20	4,25

En laissant de côté l'influence directe des rayons solaires sur la couche d'eau la plus rapprochée de la surface de la mer, on voit que la température baisse d'abord très-graduellement à mesure que la profondeur augmente, puisque la température du fond, à 1466 mètres, est encore de 9°,5. Mais à dater de cette limite l'abaissement de température devient subitement très-considérable, puisqu'à 1818 mètres, le thermomètre n'indique plus que 4°,6. M. Carpenter en conclut, qu'à la latitude de Lisbonne il existe dans l'Océan la même séparation bien distincte entre une couche supérieure chaude et une couche inférieure froide, que celle qui a été remarquée entre les îles Shetland et Feroë lors de l'expédition de 1869 [1], avec cette différence cependant, que tandis que, dans le dernier cas, la limite de séparation se trouve entre 250 et

[1] Voyez *Archives des Sciences phys. et natur.* du 15 mai, page 72.



500 mètres de profondeur, dans la partie de l'Océan qui baigne les côtes du Portugal, elle se trouve à une profondeur beaucoup plus considérable, savoir, en nombres ronds, entre 1450 et 1800 mètres.

2° *Composition et Densité de l'Océan sur les côtes de France et d'Espagne.* — Pour déterminer le degré de salure de cette partie de l'Océan, on a dosé par l'analyse volumétrique la quantité de chlore, sous forme de chlorure, dans 36 échantillons d'eau prise entre Falmouth et Lisbonne. Sur ces 36 échantillons, 12 ont été pris à la surface de la mer, 12 au fond, à des profondeurs diverses jusqu'à 2400 mètres, et 12 à des profondeurs intermédiaires. Les résultats sont exprimés en grammes par 1000 cent. cubes d'eau.

	Eau de la surface.	Eau intermédiaire.	Eau du fond.
Moyenne.......	19,94 gr.	19,83 gr.	19,75 gr.
Maximum......	20,19	19,94	19,98
Minimum	19,81	19,70	19,46

Il résulte de ce tableau qu'il existe bien un léger excédant de sel dans l'eau voisine de la surface de l'Océan, mais cet excédant est si faible, qu'il ne suffit pas pour neutraliser l'augmentation de densité due, soit à la température plus basse de l'eau à une grande profondeur, soit à la pression des couches supérieures. Cinq déterminations de la quantité de chlore renfermé dans des échantillons pris dans les mêmes parages, depuis la surface de la mer jusqu'à une profondeur de 183 mètres, ont donné les résultats suivants :

Surface	20,013 gr.
18 mètres......	19,909
46 »	19,909
91 »	19,909
183 »	19,808

Ces résultats semblent de nouveau indiquer que le faible excédant de densité, qu'on ne remarque que dans la couche tout à fait superficielle de la mer, est due uniquement à l'évaporation, et si cette couche ne descend pas, c'est que son excédant de sel est si faible, que déjà à 18 mètres de profondeur, l'effet de cet excédant est compensé par l'augmentation de densité due au refroidissement.

La pesanteur spécifique de l'eau de mer ne pouvait guère être déterminée directement par l'hydromètre, soit à cause du peu d'exactitude de cet appareil, soit par suite du mouvement presque constant du vaisseau. M. Carpenter a préféré se servir de la balance, en contrôlant ensuite les résultats obtenus par la détermination directe de la quantité de chlore. Il a trouvé ainsi, que cette pesanteur spécifique variait entre 1,026, qui représente celle d'un échantillon d'eau du fond de la mer à une densité minimum, et 1,0269, représentant la pesanteur spécifique d'un échantillon pris à la surface à une densité maximum. La densité moyenne de cette partie de l'Océan se trouve ainsi représentée par le chiffre 1,0265.

§ 2. *Température et Composition de la Méditerranée.*

Passons maintenant au sujet principal qu'avait en vue l'expédition de 1870, savoir, l'étude de la température et de la composition de la Méditerranée.

1° *Température de la surface.* — Sauf deux journées exceptionnelles, le 19 et le 20 août, la température



moyenne diurne de la surface de la Méditerranée s'est maintenue, depuis le 16 août jusqu'au 28 septembre, entre les limites de 22°,7 et 26°. En quittant le détroit de Gibraltar, dans lequel la température de la mer était tombée subitement à 19°, pour entrer dans le véritable bassin méditerranéen, la température de la surface de l'eau s'est accrue de 3°,7, le thermomètre indiquant 22°,7. Cette température s'est maintenue pendant deux jours, du 16 au 18 août. Mais le 19 elle est descendue jusqu'à 19°,4, la moyenne atmosphérique étant de 21°; et le 20, elle est remontée à 20°,5, avec une moyenne atmosphérique de 23°,5. Le premier de ces deux jours, lorsque l'expédition remontait de la côte d'Afrique vers celle d'Espagne par un fort vent de nord-est, l'on ne peut guère douter que l'abaissement notable de la température de la mer ne fût dû à l'effet du courant froid arrivant de l'Atlantique. Le 20, alors que le navire se trouvait entre le cap de Gat et Carthagène, l'effet de ce courant était encore manifeste, bien qu'à un degré moindre. Au delà de Carthagène, l'expédition a retrouvé, le 21 août, la vraie température de la Méditerranée, savoir, 22°,7; et à dater de cette époque jusqu'au 28 septembre, la température moyenne de la surface, pendant le jour, n'est jamais descendue au-dessous de ce chiffre.

2° *Des variations qui ont lieu dans la température de la couche supérieure de la Méditerranée.* — Le décroissement rapide qui a lieu dans la température de la mer dès qu'on descend en dessous de la surface, suffit pour montrer que l'effet du rayonnement solaire ne s'étend pas au delà d'une couche d'eau relativement mince. Le tableau suivant fournit le résultat de trois séries d'observations faites à trois stations très-différentes. On remarquera qu'à

la première station (latitude 36°, longitude 4°,40 ouest), bien qu'elle soit plus rapprochée du détroit que les deux autres, l'effet refroidissant du courant atlantique est beaucoup moins sensible qu'à la seconde (latitude 37°,25, longitude 1°,10 ouest). La troisième station (latitude 36°,53, longitude 5°,55 est) peut être regardée comme caractérisant l'état normal de la couche supérieure de la Méditerranée pendant la saison chaude.

Profondeur.	1re station.	2me station.	3me station.
Surface........	23°,05	20°,7	25°
9 mètres			24,45
18 »	20,75	15	21,7
36 »	18,4	14,2	16,4
55 »	17,3	13,6	15,55
73 »	16,58	13,16	14
91 »	15,48	12,95	13,72
183 »	12,83	12,61	13,05

Partant d'abord des données fournies par la station n° 3, il est à remarquer que, tandis que la température n'est descendue que de 0°,55 pour les 9 premiers mètres, elle a baissé de 2°,75 entre 9 et 18 mètres, et de 5°,3 entre 18 et 36 mètres. Au delà de 36 mètres, le décroissement de température est devenu très-lent. A la station n° 1, à laquelle la température de la surface était moins élevée qu'à la station n° 3, le décroissement de chaleur pendant les 18 premiers mètres a été à peu près le même; mais depuis 18, et surtout depuis 36 mètres, ce décroissement est devenu beaucoup plus lent, de sorte qu'entre 36 et 91 mètres, la température s'est trouvée plus élevée de 1°,5 à 2° qu'aux profondeurs correspondantes de la station n° 3. A la profondeur de 183 mètres, les deux températures sont devenues pres-



que identiques, par suite du décroissement plus rapide depuis 91 à 183 mètres à la station nº 1. D'autre part, à la station nº 2, le décroissement de température le plus rapide a eu lieu entre la surface et la profondeur de 18 mètres, mais quoique au delà de cette limite le décroissement soit devenu très-lent, il est à remarquer que les températures à cette station sont restées inférieures à celles observées aux deux autres, jusqu'à la profondeur de 183 mètres, à laquelle la différence de température d'une station à l'autre ne dépasse pas demi-degré.

3º *De la température du fond de la Méditerranée.* — L'uniformité de température qui a été constamment remarquée au fond de la Méditerranée, toutes les fois que ce fond se trouvait au-dessous de 100 brasses, soit 183 mètres, est un fait nouveau et digne de toute l'attention des physiciens. La température la plus basse du fond qui ait été observée est de 12º,22, à la profondeur de 1445 mètres. La plus élevée est de 13º,88, et elle s'est présentée dans trois occasions différentes, aux profondeurs de 486, 715 et 816 mètres. Que cette température un peu plus élevée ne dépende pas de la profondeur moins grande à laquelle elle a été observée, devient évident par les considérations suivantes : 1º à la profondeur la plus grande à laquelle la sonde soit arrivée, savoir, 3188 mètres, la température accusée était de 13º,33, tandis que celle de 12º,8 a été constatée dans deux occasions différentes aux profondeurs de 2663 et 2758 mètres. 2º Les faibles variations, constatées entre les températures du fond de la mer, se sont fait également remarquer entre les températures prises à une même profondeur de 183 mètres. Il est donc permis d'affirmer, comme règle générale, que « quelle que soit

« la température constatée à la profondeur de 183 mè-
« tres, cette même température persiste sans variation
« sensible jusqu'aux plus grandes profondeurs obser-
« vées. » Dans la portion du bassin ouest de la Méditerranée, entre Gibraltar et la Sardaigne, la température du fond a varié entre 12°,2 et 13°, la moyenne étant 12°,6. Dans la portion plus à l'est, qui se trouve dans le voisinage de la Sicile, cette température a varié entre 12°,7 et 13°,6, la moyenne étant de 13°,15.

Il était naturel que le contraste si remarquable que présente l'Atlantique, comparé à la Méditerranée, sous le rapport de la diminution subite et considérable de température qui a lieu dès que l'on atteint les grandes profondeurs de l'Océan, préoccupât vivement les physiciens de l'expédition. On peut d'abord regarder comme démontré par ce qui précède, que la température de la surface de la Méditerranée, quelque élevée qu'elle soit, ne peut être transmise, de haut en bas, à une profondeur supérieure à 183 mètres. Le Dr Carpenter se croit fondé à en conclure que la température à peu près uniforme de 12°,7 à 13°,15, que l'on rencontre au-dessous de cette limite, représente la *température permanente* de la grande masse d'eau qui occupe le bassin méditerranéen. Or, cette masse d'eau se trouve entièrement isolée de la circulation générale de l'Océan, dont le courant superficiel d'ouest à est à travers le détroit de Gibraltar n'a d'autre effet que d'abaisser légèrement la température générale à l'extrémité ouest du bassin méditerranéen. La température uniforme et permanente de la masse d'eau méditerranéenne peut donc être considérée comme représentant la température moyenne de la terre dans cette région, légèrement accrue, peut-être, par suite du transport de haut



en bas, d'une très-faible quantité de chaleur dont il sera question tout à l'heure. Et, effectivement, le lieutenant Millard, chargé par le gouvernement anglais de lever le plan de la petite île de Pantellaria, entre la Sicile et la côte d'Afrique, y a découvert une caverne située a une assez grande profondeur, où la température en été ne dépassait pas 12°,2. M. Carpenter s'est aussi assuré que telle est la température à peu près constante des citernes profondes destinées à maintenir la fraîcheur de l'eau dans l'île de Malte.

Supposons maintenant que la surface de la mer ait pu être suffisamment refroidie, à la suite d'un hiver rigoureux, pour atteindre la température permanente de 12° à 13° que nous avons reconnu être celle de la grande masse de l'eau méditerranéenne, et cherchons de quelle façon cette couche superficielle devra se comporter sous l'action des chaleurs d'été. D'abord, le soleil ne pourra évidemment exercer une action directe que sur la surface proprement dite, puisque la quantité de chaleur transmise directement par un liquide de haut en bas est à peine sensible, et que la couche superficielle devenant plus légère à mesure qu'elle se réchauffe, ne saurait être déplacée par les couches qui sont au-dessous d'elle. Tel serait certainement le cas s'il s'agissait d'eau douce, mais lorsqu'il est question d'eau de mer, le sel que renferme celle-ci doit tendre à modifier, au moins en apparence, la loi générale de conductibilité des liquides. On conçoit en effet, que l'évaporation très-rapide de la surface de la mer en été, favorisée comme elle l'est, par les vents chauds et secs d'Afrique, puisse donner lieu à une concentration de sel telle, que la couche superficielle, malgré son élévation de température, devienne momenta-

nément plus lourde que la couche immédiatement au-dessous d'elle, et par conséquent descende pour être aussitôt remplacée par celle-ci. De cette façon, la couche superficielle transporte, de haut en bas, son excédant de chaleur, qui se répand aussitôt dans la couche sous-jacente. Le renouvellement constant de ce phénomène, tant que dure la saison d'été, transportera toujours plus bas la chaleur des couches supérieures de la mer; mais, dès que l'approche de l'hiver aura refroidi l'atmosphère au-dessous de la température de la mer, la surface de celle-ci se refroidira à son tour, et devenant plus lourde que la couche sous-jacente, elle descendra de nouveau, cette fois pour refroidir, au lieu de réchauffer les couches inférieures avec lesquelles elle va se trouver successivement en contact. Une circonstance qui tend à confirmer cette hypothèse de M. Carpenter sur la précipitation en été de la surface chaude de la mer par suite de l'augmentation de densité due à la concentration saline, c'est que, contrairement à ce qui a lieu dans l'océan Atlantique, l'eau de la Méditerranée a été trouvée sensiblement moins salée à la surface qu'à une certaine profondeur.

4° *Densité et Composition de l'eau de la Méditerranée.* — La détermination exacte de la quantité de sel renfermé dans l'eau de la Méditerranée, prise soit à la surface, soit à diverses profondeurs, a été regardée à juste titre comme l'un des objets importants de l'expédition. Il y a eu vingt-cinq déterminations [1] de la quantité de chlore contenu dans l'eau prise à la surface de la mer,

[1] La proportion de chlore dans chaque échantillon a été déterminée par l'analyse volumétrique, opération qui peut se faire facilement à bord, et de laquelle on peut conclure avec une assez grande exactitude la quantité totale de sel.



depuis le détroit de Gibraltar jusqu'au bord du bassin est de la Méditerranée (latitude 36°,31, longitude 15°,46 est). On a constaté d'abord une différence sensible entre la densité de l'eau de la mer prise à l'ouest, du côté du détroit, et celle du bassin du côté de l'est. En effet, tandis que dans l'eau du bassin est, on a trouvé constamment une quantité de sel notablement supérieure au maximum de celui que contient l'océan Atlantique, il a été remarqué que cette quantité de sel tendait à diminuer à mesure qu'on s'approchait de Gibraltar, jusqu'à présenter, au détroit même, une composition presque identique avec celle de l'Océan. C'est ainsi que déjà à la hauteur de Carthagène (latitude 37°,25, longitude 1°,1 ouest), la proportion de chlore n'a plus été représentée que par le chiffre 20,46, soit 0,27 seulement au-dessus de la salure maximum de l'Atlantique. De même, une série de cinq échantillons d'eau reçueillie pendant le retour de l'expédition, et à mesure qu'elle se rapprochait du détroit, a fourni pour la proportion moyenne de chlore, le chiffre de 20,57, et pour la densité de l'eau, celui de 1,0274. D'autre part, dans la portion orientale du bassin voisine de la Sicile, où l'eau était évidemment de l'eau méditerranéenne proprement dite, la moyenne de dix déterminations de la quantité de chlore s'est trouvée être de 21,05, avec une densité correspondante de 1,0280. En combinant ces dernières observations avec les précédentes, on obtient le chiffre de 20,87, avec une densité de 1,0278, comme représentant la salure moyenne générale de l'eau de la surface de la Méditerranée.

Les déterminations de la proportion de chlore dans l'eau prise au fond de la Méditerranée, à des profondeurs variant de 378 à 3109 mètres, ont été au nombre de

vingt. Elles indiquent en général un excédant de sel dans l'eau du fond comparée à celle de la surface. Le chiffre maximum a été de 21,88 avec une densité correspondante de 1,0292; le chiffre minimum, de 21,08, avec une densité de 1,0281. La moyenne générale donne le chiffre de 21,38 pour la quantité de chlore que contient l'eau du fond de la mer, au lieu de celui de 20,87 contenu dans l'eau de la surface. En groupant ces observations sous trois séries, suivant la profondeur à laquelle elles ont été faites, on arrive à un résultat singulier.

Profondeur du fond.				Chlore.	Densité.
De 366 à 732 mètres,	moyenne de	7	observations.	21,33	1,0287
732 à 1464 »	»	7	» ..	21,38	1,0285
2377 à 3109 »	»	6	» ..	21,21	1,0283

Il paraîtrait donc que l'excès de salure du fond de la mer se fait surtout remarquer là où elle est la moins profonde, et que cet excès diminue à mesure que la profondeur du fond augmente. Ce résultat devient encore plus frappant, si l'on compare l'échantillon recueilli à la profondeur la plus faible, 366 mètres, avec celui pris à la profondeur la plus grande, 3109 mètres, car c'est le premier qui a fourni pour la quantité de chlore le chiffre maximum de 21,88, et le second, le chiffre minimum de 21,08. Ce fait, bien qu'anormal à première vue, n'est pourtant pas difficile à expliquer, si on considère l'effet que doit produire sur les couches d'eau inférieures la concentration saline exceptionnelle de la surface de la Méditerranée. M. Carpenter démontre, en effet, expérimentalement, qu'en versant une forte solution saline colorée sur une solution saline incolore et moins concentrée, la première commence par s'enfon-



cer en entier, mais chemine toujours plus lentement à mesure qu'elle abandonne une portion de son excédant salin au liquide à travers lequel elle descend. On voit alors la couleur se propager graduellement dans toute la masse liquide, jusqu'à ce que la proportion de sel soit devenue partout la même, par suite du procédé de diffusion. En appliquant ce raisonnement à la mer, il devient évident, comme le fait remarquer notre auteur, que si chaque colonne d'eau est censée reposer, pour ainsi dire, sur sa base, le degré de concentration auquel pourra être portée la masse totale d'eau par l'addition d'une plus forte dissolution saline devra dépendre, toutes choses d'ailleurs égales, de la hauteur de cette colonne. Là où elle est peu élevée, c'est-à-dire, là où la profondeur de la mer ne dépasse pas quelques centaines de mètres, il est naturel que la densité de celle-ci soit accrue d'une manière plus sensible par suite de la précipitation de l'eau sursalée de la surface, que là où cette profondeur atteint de 2 à 3 mille mètres.

Les considérations qui précèdent paraissent justifier l'opinion du Dr Carpenter relativement à l'absence presque complète de mouvement dans les grandes profondeurs de la Méditerranée. L'uniformité relative de température dans cette mer, jointe à la circonstance que les variations des saisons ne peuvent se faire sentir que sur les couches superficielles ne fournit, en effet, aucune raison d'être à cette *circulation verticale* constatée par l'expédition de 1869 dans les grands bassins de l'Océan, et attribuée à l'action opposée de la chaleur et du froid sur les régions équatoriales et polaires [1]. On peut en

[1] Voyez Rapport du Dr Carpenter sur l'expédition de 1869, *Proceedings de la Société Royale*, tome XVIII, n° 121, p. 454 et suivantes, et tome XIX, n° 125, p. 213 et suivantes.

dire autant de la possibilité *de déplacement horizontal* dans les eaux de la Méditerranée à de grandes profondeurs. Ces déplacements paraissent, en effet, tout aussi difficiles à admettre, car le vent ne peut guère exercer d'action que sur cette couche comparativement rapprochée de la surface qui est affectée par le courant du détroit, et dont la profondeur n'atteint probablement pas mille mètres. Il doit en être de même de l'eau douce fournie par la pluie ou par les rivières; celle-ci pourra bien servir à compenser la perte due à l'évaporation de la surface de la mer, et à maintenir ainsi, dans la couche supérieure, le degré de pureté nécessaire à l'existence des poissons et d'autres animaux qui l'habitent, mais elle doit rester sans influence quelconque sur les eaux situées à une grande profondeur. D'ailleurs, si les eaux profondes de la Méditerranée étaient, comme celles de l'Océan, continuellement sujettes à un déplacement horizontal, il faudrait s'attendre, ou bien à ce que l'eau la plus dense se précipitât au fond de la mer, ou au moins à une égalité de densité dans les couches inférieures du bassin. Or, ni l'une ni l'autre de ces circonstances ne se vérifient. Nous savons, au contraire, que la densité de la Méditerranée varie avec la profondeur, au point de faire supposer que l'eau de chaque portion du bassin conserve, sous ce rapport, son caractère spécial pendant une période presque indéfinie.

5. *De la matière solide en suspension dans l'eau de la Méditerranée.*— La Méditerranée se distingue de l'Océan, non-seulement en ce qu'elle est plus salée, mais aussi en ce qu'elle tient en suspension des particules solides dans un état d'extrême division. Le Dr Carpenter, en examinant



des échantillons d'eau pris dans le fond du bassin méditerranéen, a été frappé du fait que cette eau paraissait constamment trouble, à tel point qu'il était difficile, même en la filtrant, de lui rendre sa transparence. Pour doser le chlore qu'elle renferme, deux ou trois filtrations préalables étaient indispensables, et dans chaque cas, la matière qui restait sur le filtre était composée de particules inorganiques d'une extrême ténuité. Or, c'est un fait connu des chimistes, que le temps requis pour qu'un précipité se dépose complétement, est d'autant plus long que ses particules sont plus divisées. C'est ainsi que Faraday a montré que certains précipités d'or peuvent rester un mois avant d'être complétement déposés, et M. Babbage a calculé que dans le cas de substances d'une densité moins considérable, plusieurs siècles peuvent être nécessaires pour amener la précipitation complète de particules très-divisées à travers une masse considérable de liquide.

Partant de ces données, et en rappelant que les eaux profondes de la Méditerranée sont, non-seulement isolées de la grande circulation océanique, mais elles-mêmes presque entièrement dénuées de toute circulation verticale, le Dr Carpenter admet que l'impureté remarquée dans l'eau du fond de la Méditerranée est due à la diffusion imperceptible d'une matière exessivement divisée à travers la masse d'eau tout entière. Il a vu une confirmation de cette hypothèse dans le fait que le dépôt trouvé au fond des chaudières des bateaux qui naviguent sur la Méditerranée, diffère de celui fourni par les eaux de l'Océan, non-seulement en ce qu'il contient une plus grande proportion de sel, mais aussi en ce qu'il renferme une quantité de limon excessivement divisé, qui, dans ce cas,

a dû évidemment se trouver dans l'eau de la surface. Le résultat de cette expérience, sur une grande échelle, est parfaitement d'accord avec celui obtenu par M. Tyndall, en exposant dans son laboratoire à la lumière électrique, un échantillon d'eau prise à la surface de la Méditerranée. Cette eau, de même que celle du lac de Genève, lui a paru évidemment chargée de particules très-divisées à l'état de suspension [1]. Ce sont ces particules, composées d'un sable fin jaunâtre, en partie siliceux et en partie calcaire, qui donnent lieu à ce dépôt boueux dont la drague a partout constaté la présence dans les grandes profondeurs de la Méditerranée. Suivant le Dr Carpenter, ce serait au Rhône, qui, bien qu'il dépose au fond du lac Léman une grande quantité de matière sédimentaire, n'en reste pas moins chargé de particules à l'état d'extrême division, et reçoit d'ailleurs non-seulement l'Arve rempli de sable, mais encore les eaux boueuses de la Saône et des torrents provenant des Alpes du Dauphiné, que serait due cette diffusion de particules sédimentaires dans tout le bassin ouest de la Méditerranée. Il est vraisemblable que le Nil joue le même rôle à l'égard du bassin de l'est. C'est à l'existence de ce dépôt boueux qui rend très-difficile la respiration des animaux marins, joint à l'état de stagnation due à l'absence presque complète de toute circulation verticale, que l'auteur attribue la faune peu nombreuse et peu variée que fournit le fond de la Méditerranée, en comparaison de celle trouvée dans l'océan Atlantique, si exceptionnellement riche sous ce rapport.

6° *Des Courants dans le détroit de Gibraltar.* — L'ex-

[1] On sait que c'est à la présence de ces particules excessivement divisées que le professeur Tyndall a attribué la couleur bleue si intense qui caractérise l'eau de l'un et l'autre de ces bassins.



pédition a constaté expérimentalement, au moyen d'un appareil très-ingénieux, imaginé par le capitaine Calver, et connu sous le nom de « *current-drag* » [1], le fait déjà généralement admis, de l'existence dans le détroit de deux courants distincts et marchant en sens contraire. La longueur du détroit de Gibraltar proprement dit est d'environ 57 kilomètres. Sa largeur, qui est d'environ 36 kilomètres entre les caps Trafalgar et Spartel, va en diminuant graduellement jusqu'à n'être plus que de 15 kilomètres dans sa partie la plus étroite, entre Tarifa et la pointe d'Alcazar. Le détroit s'élargit de nouveau en approchant de Gibraltar, jusqu'à présenter, entre Gibraltar et Ceuta, une largeur de 19 à 20 kilomètres. Au delà de Gibraltar, on entre subitement dans le bassin de la Méditerranée. La portion la plus profonde du détroit

[1] Le *current-drag* se compose d'un panier muni de quatre ailes en croix, recouvert extérieurement de toile, et sous lequel est fixé un poids de 112 kilogrammes. On suspend cet appareil à la profondeur voulue au moyen d'une corde attachée au fond d'un bateau très-léger, qu'on abandonne ensuite à lui-même.

Le panier se remplit d'eau, et offre une résistance très-considérable proportionnelle à la surface de sa section passant par deux ailes opposées. L'action du courant superficiel est elle-même proportionnelle à la surface de la section transversale du bateau et de la corde de suspension. Connaissant le rapport de ces surfaces, ainsi que la direction et l'intensité du courant superficiel, la direction et l'intensité du courant inférieur se déduisent très-approximativement de la marche du bateau. Celle-ci doit être accélérée ou ralentie sans changer de sens, suivant que le courant inférieur est plus rapide ou plus lent que le courant supérieur et dans le même sens que lui. Elle doit changer de sens si le courant inférieur est en sens contraire et d'une certaine intensité. Enfin, comme la surface de résistance du *current-drag* est notablement plus grande que celle de la corde de suspension et du bateau, ce dernier s'arrêtera lorsqu'il existera un courant inférieur beaucoup plus faible que le courant superficiel, mais dirigé en sens inverse.

se trouve à son extrémité est, entre Gibraltar et Ceuta, où la profondeur atteint 945 mètres. De là, elle va en diminuant graduellement à mesure qu'on avance vers l'ouest, jusqu'à ne pas dépasser entre les caps Trafalgar et Spartel la profondeur moyenne de 275 mètres. Au delà de cette espèce de crête, qui sert pour ainsi dire de ligne de séparation entre les eaux de la Méditerranée et celles de l'Océan, la profondeur va de nouveau en augmentant, jusqu'à atteindre à l'extrémité ouest du détroit la même profondeur, environ 900 mètres, qu'entre Gibraltar et Ceuta.

Parlons d'abord de la partie la plus étroite et en même temps la plus profonde du détroit, située du côté de l'est entre Tarifa et la pointe d'Alcazar, où nous avons vu que la largeur totale ne dépasse guère 15 kilomètres. C'est vers le milieu de cette portion du détroit, sur une largeur moyenne de 6 kilomètres, que le « current-drag » a constaté dans les couches superficielles de la mer, un courant marchant d'ouest à est (de l'Océan vers la Méditerranée) avec une vitesse variable, influencée jusqu'à un certain point par la marée et le vent, mais qui paraît être en moyenne de 4 kilomètres à l'heure. A la profondeur de 183 mètres, la vitesse de ce courant d'ouest à est n'est plus que de 2 kilomètres. A la profondeur de 457 mètres, le « current-drag » a persisté à accuser l'existence d'un courant, mais cette fois dirigé en sens contraire à la direction du courant supérieur, savoir, d'est à ouest, et n'ayant qu'une vitesse de demi-kilomètre à un kilomètre à l'heure. L'existence de ce même courant d'est à ouest a été constatée à la profondeur de 730 mètres, mais ayant une vitesse moindre encore, savoir, de 0,3 à 0,5 kilomètre par heure.



Des observations analogues ont été faites à l'extrémité ouest du détroit, où la mer est plus large et moins profonde qu'à l'extrémité est. Ainsi qu'on devait s'y attendre, la vitesse du courant supérieur, allant d'ouest à est, a été trouvée notablement moindre que dans la portion étroite du détroit. De 4 kilomètres à l'heure il s'est trouvé réduit à un peu moins de 2 kilomètres. A la profondeur de 183 mètres, on n'a pas remarqué de diminution sensible dans la vitesse du courant. A 275 mètres, cette diminution est devenue évidente, mais comme la profondeur de cette partie du détroit ne dépasse guère 365 mètres, le courant inférieur d'est à ouest n'a pu être constaté par l'expérience directe, comme il a pu l'être dans la portion étroite du détroit, où la profondeur est beaucoup plus considérable. Au reste, le Dr Carpenter n'a pas voulu se contenter des résultats obtenus au moyen du « current-drag, » mais a cherché à les contrôler, et, dans ce dernier cas, à y suppléer par des observations directes sur la température et la densité des couches d'eau prises dans le détroit à des profondeurs différentes. C'est ainsi qu'il s'est assuré, par l'examen d'échantillons d'eau prise d'abord à la surface de la mer, puis successivement à 183, 457 et 732 mètres de profondeur que, tandis que les deux premiers accusaient la température et la densité propres à l'eau de l'Atlantique, les deux derniers présentaient invariablement cet excédant de densité et cette permanence de température qui caractérise l'eau de la Mediterranée au-dessous de 183 mètres. Il est même à remarquer qu'un échantillon d'eau, recueillie à la profondeur de 457 mètres, s'est trouvée dans deux occasions différentes notablement plus dense que de l'eau prise à la profondeur de 732 mètres. Un fait aussi anormal que celui d'une cou-

che d'eau plus dense se maintenant au-dessus d'une couche de densité inférieure, ne peut s'expliquer, suivant notre auteur, qu'en admettant dans ces parages l'existence d'un courant passablement rapide.

L'expédition anglaise serait donc parvenue à démontrer expérimentalement ce qui n'était jusqu'ici qu'une hypothèse, généralement admise, il est vrai, savoir, qu'en outre du courant superficiel de l'ouest à l'est destiné à amener dans la Méditerranée l'eau un peu moins salée et comparativement fraîche de l'Océan, il existe à une profondeur variant de 450 à 750 mètres un contre-courant dirigé en sens inverse, et destiné à ramener dans l'Océan l'eau sursalée et suréchauffée de la Méditerranée. Ce contre-courant d'est à ouest, bien que moins rapide que celui du courant atlantique d'ouest à est, l'est cependant assez pour qu'il puisse, après avoir remonté un plan sensiblement incliné, franchir cette crête ou ligne de séparation entre la Méditerranée et l'Océan qui se trouve à l'extrémité ouest du détroit. C'est sans doute à cet échange réciproque de leurs eaux que l'on doit attribuer le peu de différence qui existe entre la densité de la Méditerranée et celle de l'Océan.

F. M.



DES MÉTÉORITES[1]

PAR

M. STANISLAS MEUNIER.

Nous avons cru bien faire en résumant, en un seul article, les douze notes ou mémoires relatifs aux météorites publiés par M. St. Meunier, du 24 octobre 1870 au 1er mai 1871, dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Ils renferment des recherches expérimentales et des considérations théoriques; ces dernières peuvent évidemment donner lieu à des discussions, les astronomes et les géologues ne seront pas tous du même avis; peut-être même trouvera-t-on qu'il est difficile de déduire des données précises sur la constitution d'un astre, de l'examen d'une pierre météorite qui n'est jamais d'un volume considérable ? Quoi qu'il en soit, les travaux de M. Meunier présentent un haut intérêt.

Les nombreuses recherches qui ont été faites sur la composition des météorites n'ayant jamais dénoté dans celles-ci d'autres corps simples que ceux connus sur la Terre, on en a conclu l'*unité de constitution* du système solaire, et en retrouvant sur certains astres les traces des mêmes phénomènes géologiques observés sur la Terre, tels que les soulèvements, les éruptions, les actions volcaniques, etc., on reconnaît également l'*unité des phénomènes* dans un même système. Les analogies sont très-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, d'octobre 1870 à mai 1871.

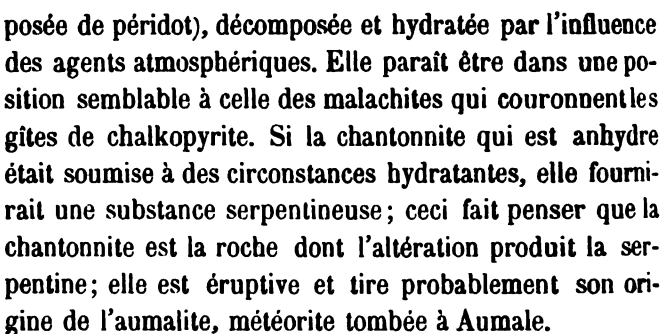
grandes entre les roches terrestres et celles des météorites, car on a observé des météorites stratiformes (Caille, l'Aigle, d'Aumale, etc.), des météorites éruptives (fer de Jewell-Hill), des météorites métamorphiques (Tadjera), et dès météorites bréchiformes non éruptives (St. Mesmin et Canellas).

Les astres du système solaire ont donc une origine commune et traversent avec une rapidité, en rapport avec leur volume, les phases successives d'un refroidissement. Ces phases se reconnaissent dans les états si tranchés du Soleil, des planètes, des satellites et des météorites; les astres paraissent à un certain point de vue naître, vivre, mourir et subir le travail de la décomposition.

La géologie comparée est l'étude de l'ensemble de ces phénomènes, car l'observation du ciel aide à résoudre les questions de géologie terrestre, c'est-à-dire que la connaissance des actions qui se passent sur le Soleil et sur les planètes, et de celles qui se sont passées sur la Lune et sur les météorites, fournissent des renseignements sur les phénomènes géologiques internes du globe.

La grande ressemblance de composition et de structure qui existe entre la serpentine et la pierre météorique nommée chantonnite, tombée à Chantonnay, et reconnue dans diverses météorites, indique que ces deux substances se sont formées à peu près dans les mêmes conditions. La serpentine est considérée comme éruptive par beaucoup de géologues, mais la forte proportion d'eau qui y est contenue porte à croire qu'elle n'est pas arrivée des profondeurs de la terre dans son état actuel, et qu'elle est une modification d'une roche qui a fait éruption à la surface du globe. Elle semble former la tête des filons de cette roche encore inconnue (quoiqu'on l'ait supposée com-





posée de péridot), décomposée et hydratée par l'influence des agents atmosphériques. Elle paraît être dans une position semblable à celle des malachites qui couronnent les gîtes de chalkopyrite. Si la chantonnite qui est anhydre était soumise à des circonstances hydratantes, elle fournirait une substance serpentineuse ; ceci fait penser que la chantonnite est la roche dont l'altération produit la serpentine ; elle est éruptive et tire probablement son origine de l'aumalite, météorite tombée à Aumale.

Dans l'étude des météorites, on admet que celles qui sont identiques proviennent d'un même gisement, mais on peut montrer aussi la communauté d'origine de météorites différentes : il y a des météorites homogènes (monogéniques), et d'autres mélangées et bréchiformes (polygéniques) ; certaines météorites de cette dernière nature, la mesminite (St. Mesmin, Aube), par exemple, sont constituées par deux roches très-différentes : l'une est blanche et à elle seule forme de nombreuses météorites telles que la lucéite ; l'autre est de couleur sombre et compose d'autres météorites telles que la limerickite. On en conclut que la mesminite, la lucéite et la limerickite sont en relations stratigraphiques. D'autres météorites encore donnent des indications de même ordre relatives à des substances différentes : la météorite de la Cordillère de Deesa au Chili est composée d'une pâte métallique renfermant des fragments pierreux anguleux, or la pâte est identique à la substance météorique qui constitue le gros bloc de la Caille, et les fragments pierreux sont identiques aussi à la masse tombée à Tadjera près Sétif : les roches de la Caille (Caillite) et de Sétif (tadjérite) ont donc été en relation dans leur gisement originel.

L'aumalite, avons-nous dit, a la même origine que la chantonnite; par conséquent les roches météoriques diverses ont été en relation entre elles dans un astre. Mais nous allons prouver que, dans la météorite de Deesa, le mode de formation de la partie métallique n'a pas été le même que celui de la météorite de la Caille, et que la pierre de Sétif, identique aux fragments de la pierre de Deesa, a subi un métamorphisme postérieur à sa formation. On sait que l'expérience de Widmannstætten consiste à polir une surface plane, sur une météorite, et à la soumettre à l'action d'un acide, alors on voit paraître une figure ou un moiré d'une grande régularité. La pierre de Deesa, soumise à cet essai, ne laisse paraître que des dessins confus, et ce caractère révèle son origine éruptive. En effet, si on fond dans un creuset, du fer de la Caille, et qu'on le laisse refroidir lentement, sa structure change et les figures de Widmannstætten sont confuses, on peut donc conclure que le fer de Deesa n'est autre que le fer de la Caille qui par voie de fusion a été injecté au travers des roches pierreuses et qui en a empâté des fragments, c'est une brèche de filon éruptif. D'ailleurs, si on chauffe au rouge, dans un creuset, soit l'aumalite, soit la chantonnite, elles se changent en tadjérite. Il est donc probable que le fer de la Caille en faisant éruption a enveloppé des fragments d'aumalite et de chantonnite et les a changés en tadjérite. Ceci nous indique les relations stratigraphiques qui existaient entre la caillite et l'aumalite, et ce n'est pas le seul exemple de métamorphisme.

Remarquons, avant d'en signaler un nouveau, que les météorites grises telles que l'aumalite, la chantonnite, la lucéite et la montréjite deviennént noires, dures, tenaces



et denses, sous l'influence de la chaleur rouge; or si l'on chauffe à l'abri de l'air, avec une lampe à gaz, la montréjite, météorite d'un gris cendré clair qui s'égrène aisément, le ciment de la roche reste gris et friable, les globules deviennent noires, ce qui donne un produit semblable à la météorite de Belaja-Zerkwa ou bélagite et à celle de Butsura dans l'Inde anglaise (butsurite); mais si l'on chauffe la montréjite dans un grand feu de coke (ce qui change l'aumalite en tadjérite), on obtient de la stawropolite, qui est noirâtre et assez dure pour recevoir le poli. On peut donc croire que la stawropolite et la bélajite proviennent de la montréjite.

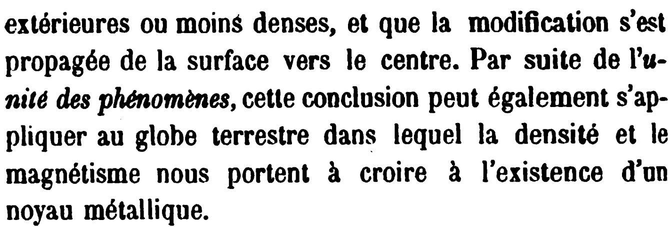
Voilà donc plusieurs exemples de métamorphisme produits dans les roches météoriques. Après en être arrivé là, M. Meunier a cherché à produire ces dernières au moyen d'une roche terrestre et à porter la science au delà du point où elle a été amenée par les beaux travaux de M. Daubrée, qui, par une série de recherches fort curieuses, est arrivé à réaliser, au moyen des roches terrestres, non pas des météorites, mais des produits semblables à des météorites fondues. M. St. Meunier a voulu résoudre ce problème par des expériences sur la serpentine, roche qui a une grande analogie avec certaines météorites. Il fallait transformer la serpentine sans la fondre, parce que cette roche présente déjà une structure semblable à celle de certaines météorites, il fallait aussi employer un procédé déshydratant et réducteur.

M. Meunier a donc soumis des fragments de cette roche à la chaleur rouge et à un courant d'hydrogène; la modification de la serpentine déjà notable dans un tube de verre chauffé à la lampe, est complète dans un tube de porcelaine chauffé au coke et le produit est tout

à fait semblable à la tadjérite, à l'exception cependant de la dureté qui est un peu plus faible.

Si dans cette expérience on se sert du gaz d'éclairage, les fragments de serpentine transformée se recouvrent de noir de fumée. En reproduisant de la sorte la tadjérite au moyen de la serpentine, on suit la marche inverse de celle adoptée par la nature, car nous l'avons déjà dit, la serpentine est le produit de l'altération de masses identiques à certaines météorites telles que la chantonnite et l'aumalite sous l'influence des agents atmosphériques.

De ce que les météorites nous permettent de reconnaître dans les éléments qui les composent des relations stratigraphiques, des produits éruptifs et d'autres métamorphiques, il en résulte que les météorites sont des débris d'un astre aujourd'hui désagrégé. Ceci étant posé, nous pouvons, d'après le principe de l'unité des phénomènes, éclaircir pour la Terre une question importante sur laquelle les géologues ne sont pas d'accord. Quelques-uns, MM. Poisson, Hopkins, Fairbairn, Tyndall, Sterry Hunt, etc., pensent que la solidification de la Terre s'est faite du centre à la surface; d'autres admettent l'hypothèse inverse, suivant laquelle notre globe est composé d'une croûte mince reposant sur un noyau liquide ou pâteux. Dans les astres les roches sont toujours rangées de la surface au centre dans l'ordre progressivement croissant de leur densité, et comme nous savons que dans la pierre de Deesa et d'autres, le fer empâte la pierre, tandis que la pierre éruptive (chantonnite) n'empâte jamais de fragments métalliques, nous concluons que le fer était encore liquide ou pâteux lorsque la pierre était solidifiée; c'est-à-dire que les parties centrales ou denses (le fer) se sont modifiées plus tard que les parties

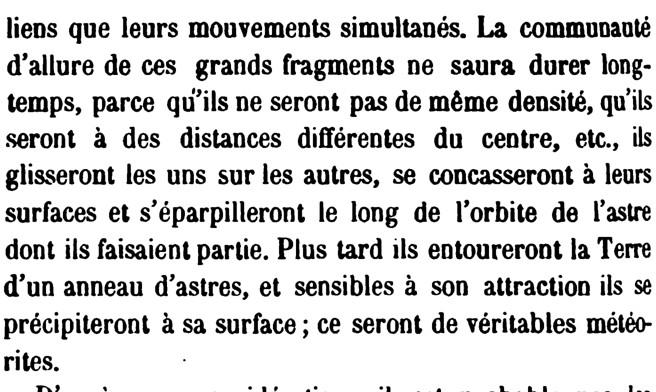


extérieures ou moins denses, et que la modification s'est propagée de la surface vers le centre. Par suite de l'*unité des phénomènes,* cette conclusion peut également s'appliquer au globe terrestre dans lequel la densité et le magnétisme nous portent à croire à l'existence d'un noyau métallique.

Les roches terrestres les plus denses (la lave) possèdent la même densité que les roches les moins denses de la série météorique, les enkrites, en sorte que nos roches auraient pu constituer l'enveloppe du globe d'où les météorites proviennent.

Tout en soutenant, comme on l'a fait depuis longtemps, que les aérolithes sont le résultat de la rupture d'un corps céleste, on n'a pas cherché à établir que cette rupture provint de l'exercice d'une loi déterminée. Admettant l'unité de constitution du système solaire et l'unité des phénomènes qui s'y passent, quelques réflexions sur la Terre, sur les globes qui l'entourent et sur les météorites, nous indiquerons l'origine de celles-ci. Puisque les météorites sont des débris, elles ne peuvent devoir leur origine qu'à des astres plus avancés dans l'évolution que ne le sont le globe terrestre ou même la Lune, et l'action dont elles sont le produit, c'est-à-dire une tendance à la rupture, est déjà reconnaissable sur les astres moins refroidis. A la surface de la Terre nous connaissons des félures ou failles qui sont le résultat d'une action générale liée à la diminution progressive de volume du noyau interne du globe au fur et à mesure du refroidissement; à la surface d'autres astres on a constaté des ruptures par lesquelles s'échappent des torrents de lumière. A l'époque actuelle les phénomènes qui résultent du refroidissement de la Terre se poursuivent dans

l'intérieur sans que la surface en éprouve autre chose que des mouvements qui, fort probablement, n'ont pas été anciennement aussi lents qu'ils le sont aujourd'hui. Ces velléités de rupture ne feront-elles pas place à une rupture véritable? Déjà la Lune, astre plus avancé que la Terre en développement, présente deux particularités qui ne se trouvent pas sur notre globe : l'absence presque complète d'eau et d'atmosphère et la présence de rainures ou crevasses étroites, longues, de profondeur inconnue, qui traversent sans dévier les plaines et les montagnes. Dans le passé, lorsque la Lune possédait l'air et l'eau, on n'eût probablement trouvé aucune de ces rainures à sa surface. Cela n'indique-t-il pas ce qui aura lieu sur la Terre dans l'avenir. La croûte solide augmentant d'épaisseur sans cesse, l'eau de l'Océan s'infiltrera peu à peu. Cette eau est loin d'être en quantité suffisante pour hydrater une couche de roche égale au rayon terrestre, par conséquent l'eau aura disparu de la surface de la Terre longtemps avant que le refroidissement ait atteint le centre, et l'air, attiré par les vides internes qui se font dans les roches pendant leur cristallisation, suivra l'eau dans l'intérieur de la Terre. Ces phénomènes paraissent s'être passés dans la Lune et le travail qui y a ouvert les rainures continuant, et n'étant plus compensé, depuis la solidification complète, par l'arrivée des masses profondes à la surface, laissera des fentes béantes qui tendront à s'élargir de plus en plus, et deviendront comme les rainures de la Lune. Mais à côté de la Lune qui se fend, les météorites nous montrent les fragments d'un globe déjà brisé. Dès lors n'est-il pas évident que les crevasses de la Lune continuant à se prolonger finiront par la diviser en blocs distincts qui n'auront d'autres



liens que leurs mouvements simultanés. La communauté d'allure de ces grands fragments ne saura durer longtemps, parce qu'ils ne seront pas de même densité, qu'ils seront à des distances différentes du centre, etc., ils glisseront les uns sur les autres, se concasseront à leurs surfaces et s'éparpilleront le long de l'orbite de l'astre dont ils faisaient partie. Plus tard ils entoureront la Terre d'un anneau d'astres, et sensibles à son attraction ils se précipiteront à sa surface ; ce seront de véritables météorites.

D'après ces considérations, il est probable que les météorites actuelles sont le produit de la désagrégation d'un petit satellite de la Terre. La théorie que propose M. Meunier rattache donc le phénomène des météorites à une loi générale, elle nous montre dans l'origine de celles-ci le dernier terme d'une longue évolution des astres dont le Soleil, la Terre et la Lune offrent trois termes bien caractérisés.

SUR

LA DISPERSION ANORMALE

PAR

M. AUGUSTE KUNDT.

(Traduction [1].)

Dans ma communication « *sur la dispersion anormale des corps à couleur superficielle* [2], » j'ai montré qu'une certaine classe de corps jouit de la propriété de réfracter moins de la lumière qui possède dans l'air une plus petite longueur d'onde, que de la lumière d'une longueur d'onde plus grande. J'ai émis l'opinion que, suivant la plus grande probabilité, cette dispersion anormale appartient à tous les corps qui possèdent ce que l'on appelle une couleur superficielle, c'est-à-dire qui réfléchissent des rayons de certaines couleurs plus fortement que d'autres. Dans un appendice que j'ai ajouté à la reproduction de ma première communication, telle qu'elle a paru dans les *Annales de Poggendorff*, j'ai encore fait remarquer que les corps chez lesquels j'avais observé la dispersion anormale étaient tous probablement des corps dichroïques.

Ce qui suit contient l'exposition d'un certain nombre de faits nouveaux auxquels j'ai été conduit en continuant ces recherches; mais auparavant je ferai quelques remarques sur les procédés et méthodes employés pour l'observation de la dispersion anormale.

[1] *Comptes rendus de la Société de physique et de médecine de Wurzbourg*, nouvelle série, tome II.

[2] *Archives des Sciences physiques et natur.*, 1871, tome XL, p. 188.

Les conclusions de mes précédentes expériences ont été combattues par M. v. Lang [1], lequel croit pouvoir affirmer que la dispersion anormale ne provient pas de ce que les rayons rouges sont plus réfractés que les rayons bleus, mais de l'achromatisme, comme on le sait, imparfait de l'œil humain. Il pense que l'on ne voit la dispersion anormale avec des prismes très-aigus que lorsque l'œil est placé par rapport à l'arête qui produit la réfraction dans une position trop excentrique. La réponse à l'objection de M. v. Lang se trouve déjà dans ma première communication ; car il y est dit que l'on obtient également la dispersion anormale lorsque l'on place le prisme qui la produit, à la place du prisme du spectroscope, et que l'on fait par conséquent l'observation avec une lunette.

En dernier lieu, j'ai fait toutes mes observations sans exception avec une lunette, en employant la lumière du Soleil, et de cette façon j'ai pu soumettre les faits que j'observais à un examen beaucoup plus approfondi. Les prismes creux dont je me suis servi pour ces expériences, étaient deux prismes de 25° qui présentaient une arête assez vive et consistaient en plaques de verre soudées ensemble.

Un de ces prismes fut mis à la place du prisme d'un spectroscope. Je me suis servi de trois appareils spectroscopiques différents, un petit d'après le modèle de MM. Bunsen et Kirchhoff, un grand appareil spectral d'après M. Kirchhoff, disposé pour quatre prismes, et un grand spectroscope de Brunner à Paris. Les lunettes de ce dernier instrument présentaient un grossissement un peu plus faible que celles du grand appareil spectral pour

[1] *Comptes rendus de l'Acad. de Vienne*, séance du 27 avril.

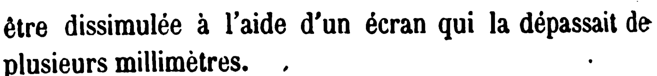
quatre prismes, et elles donnaient une grande intensité lumineuse. Elles étaient donc mieux appropriées que les autres à ce genre d'observations. La lunette du petit spectroscope présentait un grossissement un peu faible pour des recherches précises.

Les résultats obtenus avec ces procédés d'expérimentation furent les suivants :

1. Toutes les substances que j'ai indiquées dans mon premier travail, donnèrent une dispersion anormale, y compris les corps que je n'avais pu employer précédemment que sous la forme de masses pâteuses, et qui présentaient également cette propriété sous la forme de dissolutions *claires et bien filtrées.*

Il ne faut pas en effet ne considérer comme dispersion anormale que le cas extrême où la lumière bleue est moins réfractée que la lumière rouge, mais envelopper d'une manière générale dans cette dénomination tous les cas dans lesquels un rayon d'une plus petite longueur d'onde est plus dévié qu'un rayon d'une longueur d'onde plus grande.

L'anomalie de la dispersion se trouva augmenter continuellement dans les dissolutions avec le degré de concentration. Avec des dissolutions qui n'étaient pas par trop concentrées, ce n'était pas seulement dans le voisinage immédiat de l'arête du prisme que les rayons solaires parvenaient à traverser; mais ils étaient transmis encore à une distance notable de cette arête. Or, dans ce dernier cas, l'on évitait toutes les circonstances exceptionnelles qui auraient pu tenir au voisinage de l'arête, telles que réflexions ou réfractions irrégulières, diffraction, etc., ainsi que ce qui aurait pu résulter d'inégalités dans le degré de concentration du liquide. L'arête elle-même pouvait



être dissimulée à l'aide d'un écran qui la dépassait de plusieurs millimètres.

2. Avec des liquides fortement concentrés et lorsque la lumière était transmise autant que possible très-près de l'arête, les spectres produits n'étaient pas aussi nettement tranchés à leurs extrémités que dans le cas d'une dispersion normale; mais ils s'épanouissaient aux deux bouts en une bande lumineuse plus ou moins étendue, qui demeurait visible sur une assez grande longueur en perdant de plus en plus de son éclat. Avec la cyanine, le bleu d'aniline, etc., et dans la partie la plus réfrangible surtout, dans laquelle elle était d'un vert intense, cette bande se prolongeait fort loin. Le spectre anormal a ainsi une très-grande extension.

3. Dans les spectres présentant une grande intensité lumineuse (lorsque la lumière a traversé près de l'arête du prisme), il arrive toujours que deux ou plusieurs couleurs tombent à la même place. L'on ne peut déjà, par cette seule cause, reconnaître que très-rarement dans ces spectres les lignes de Fraunhofer, et encore ce ne sont jamais que les plus marquées; mais l'on arrive facilement à les faire apparaître avec une grande netteté lorsque l'on observe le spectre à travers des milieux absorbants, par exemple, des verres colorés qui ne laissent passer que des couleurs déterminées. L'on peut aussi par ce procédé arriver facilement à déterminer dans quelle portion du spectre anormal il y a superposition de couleurs et quelles sont ces couleurs.

4. Par l'emploi de ces milieux absorbants on reconnaît de plus que dans les spectres anormaux certaines couleurs sont extraordinairement allongées, ainsi le rouge dans la fuchsine et la cyanine, le vert dans cette der-

nière substance, etc. Dans les portions ainsi dilatées, les lignes de Fraunhofer ne peuvent plus ordinairement se distinguer.

5. Au lieu de séparer les couleurs par des milieux absorbants, il vaudrait naturellement mieux employer de la lumière monochromatique et étudier la manière dont elle est réfractée. Les lignes que donnent les flammes colorées et les tubes de Geissler se trouvant être trop faibles pour ce genre d'observations, je fis tomber successivement, sur la fente du spectroscope, les différentes couleurs du spectre ordinaire et en observai la réfraction à travers la dissolution à déviation anormale. Du reste, cette méthode ne fut employée que pour constater une fois de plus dans un certain nombre de cas, ce fait qui résultait déjà de toutes les expériences antérieures, savoir que de la lumière de plus petite longueur d'onde est moins réfractée que de la lumière de longueur d'onde plus grande.

6. Enfin je ferai observer que l'on réussissait très-facilement à former sur un écran blanc une projection des spectres anormaux pouvant atteindre plusieurs pouces de longueur [1].

Après que je m'étais de la sorte convaincu de nouveau, par divers moyens, qu'aucune cause d'erreur, de quelque espèce que ce fût, n'influait sur le résultat de mes expériences, je pouvais entreprendre d'établir expéri-

[1] Après avoir terminé la rédaction de cet article, j'appris par le *Naturforscher*, n° 20, que les expériences sur la dispersion anormale avaient été répétées et pleinement confirmées par M. Soret de Genève, à l'aide d'une méthode qui tend à écarter l'influence du dissolvant. (Voyez *Archives*, tome XL, page 280. *Réd.*)



mentalement les lois principales de la dispersion anormale. Il fallait d'abord démontrer que l'indice de réfraction des rayons fortement réfléchis à la surface, est, comme je l'avais précédemment conjecturé, ou très-grand ou très-petit. Voici le point de vue auquel il convient de se placer pour étudier cette question : lorsqu'un corps quelconque, par exemple un cristal d'une couleur d'aniline, réfléchit fortement une certaine espèce de rayons, tels que les verts, ces rayons feront principalement défaut dans le spectre fourni par la lumière transmise; cette lumière, soumise à l'analyse spectrale, après son passage à travers cette substance, donnera à la place correspondant à ces radiations une bande obscure qui paraîtra être une bande d'absorption, et lorsque la couleur superficielle se compose de plusieurs espèces de radiations différentes, il y aura dans le spectre de la lumière transmise un nombre correspondant de parties obscures semblables à des bandes d'absorption. Mais lorsqu'on soumet à l'analyse prismatique la lumière qui traverse un corps à couleur superficielle, on trouve que l'obscurcissement relatif de certaines portions du spectre augmente très-rapidement avec l'épaisseur de la couche traversée. Or ceci s'applique aussi au cas où, au lieu d'opérer sur le corps lui-même, on opère sur sa dissolution, en admettant, comme je le ferai dans la suite, que cette dissolution a aussi une couleur superficielle, ainsi que cela se voit très-clairement avec les dissolutions concentrées des couleurs d'aniline, en admettant de plus que la couleur de la dissolution est la même que celle que l'on obtient en faisant sécher rapidement, et en une masse à peu près complétement amorphe, le corps jouissant de la propriété d'être dichroïque, lorsqu'il est sous la forme de cristaux définis. L'on

trouve, en d'autres termes, *que les corps présentent un coefficient d'absorption beaucoup plus notable pour les rayons qu'ils réfléchissent en de fortes proportions, et qui, par ce fait même, y pénètrent déjà avec une faible intensité que pour les autres.* Ainsi donc, lors même que la couche traversée par les rayons ne présente qu'une faible épaisseur, les indices de réfraction extrêmes ne pourront être déterminés que difficilement, par ce fait que les radiations auxquelles ces indices de réfraction correspondent sont absorbées dans de trop fortes proportions; mais l'on pourra bien s'attendre à ce que là où l'absorption commence, aux bords des bandes obscures, il se produise une augmentation ou une diminution très-rapide de l'indice de réfraction. Avec cela il se peut cependant aussi que des parties entières du spectre, séparées par des bandes d'absorption, présentent semblablement des indices de réfraction anormaux, de telle sorte que des séries complètes de radiations de longueurs d'onde plus petites soient moins déviées que d'autres de longueurs d'onde plus grandes.

Pour trouver la solution de cette question, j'ai suivi un procédé à la fois très-simple et très-sûr tout semblable à celui que Stokes avait déjà employé pour l'étude de la lumière excitée par la fluorescence.

Ce procédé est le suivant: Après avoir amené la fente du spectroscope à être horizontale, l'on place sur la plateforme de cet appareil un prisme (j'employais des prismes présentant un angle de 15° à 35°), le mieux est un prisme à vision directe dont on amène l'arête à être parallèle à la fente horizontale, et on dispose la lunette de manière à obtenir un spectre bien clair avec les lignes de Fraunhofer parfaitement nettes. Si après cela l'on place un



second prisme à arête verticale entre le prisme horizontal et l'objectif de la lunette, on obtient un spectre oblique dans lequel le rouge est le moins écarté de sa position primitive, le bleu au contraire le plus. Le spectre oblique peut être ou droit ou courbe, présentant sa convexité soit en haut soit en bas, suivant le rapport existant entre les pouvoirs dispersifs des deux prismes. Le mieux est sans doute d'employer à la place du premier prisme un réseau de diffraction, car alors la forme du spectre oblique indique tout de suite exactement le genre de dispersion que produit le second prisme. J'ai employé à plusieurs reprises dans mes expériences un réseau de diffraction, mais dans mes recherches préliminaires je me servais ordinairement d'un prisme, pour avoir une intensité lumineuse plus grande.

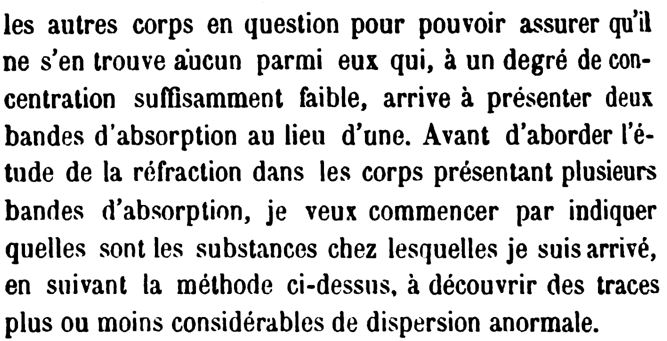
Si l'on met maintenant à la place du prisme vertical un prisme creux contenant une substance à dispersion anormale, le spectre oblique prend un aspect tout différent et très-particulier, présentant néanmoins un accord complet avec lès explications qui précèdent. A partir des rayons de plus grandes longueurs d'onde qui devront se trouver en haut, on verra chez tous les corps à dispersion anormale, que nous avons mentionnés précédemment, et qui tous, sous une certaine épaisseur, absorbent le milieu du spectre, augmenter avec une rapidité considérable l'écartement subi par les rayons rouges, de telle sorte qu'avec des dissolutions concentrées, le rouge au-dessus de la bande d'absorption est étiré dans le spectre oblique en une longue raie presque horizontale. Au-dessous de la bande obscure, et cela lorsque l'absorption s'exerce surtout sur les radiations jaunes et une portion des radiations vertes, il se produit une longue raie verte, horizontale, tout à fait analogue,

qui part de la position d'écartement minimum, se dirigeant vers le bleu où l'écartement a repris à peu près sa valeur normale. Par là s'explique ce qui a été dit plus haut, au n° 2. En outre, avec des dissolutions concentrées des corps en question, la portion bleue tout entière est moins écartée de sa position première que la portion rouge. Si l'on prend des dissolutions moins concentrées, l'anomalie cesse en ce sens que le bleu paraît plus écarté que le rouge; mais l'on voit que l'écartement de la portion rouge subit encore vers la bande d'absorption une forte augmentation, en même temps on voit le vert au-dessous de la bande d'absorption s'étaler considérablement du côté correspondant au plus faible écartement, de manière qu'une partie des rayons rouges se trouve toujours être plus fortement ècartée qu'une portion des verts.

Ces expériences démontrent donc ce qui suit : *pour une série de corps qui réfléchissent dans de fortes proportions les rayons milieux du spectre, tout en ayant pour ces mêmes rayons un pouvoir d'absorption considérable, la réfraction subit une augmentation extraordinairement rapide lorsqu'on se rapproche de la bande d'absorption en venant de la portion qui correspond (dans l'air) aux plus grandes longueurs d'onde, tandis qu'elle subit au contraire une diminution extraordinairement rapide lorsqu'on arrive à cette même bande d'absorption venant de la portion des longueurs d'onde plus courtes (dans l'air).*

Parmi les corps indiqués précédemment, il s'en trouve deux qui sont connus pour donner, non pas seulement une bande d'absorption, mais plusieurs; ce sont l'hypermanganate de potasse qui, sous forme de dissolution étendue, présente cinq raies dans le vert, et le carmin qui en donne deux. Je n'ai pas encore suffisamment étudié





les autres corps en question pour pouvoir assurer qu'il ne s'en trouve aucun parmi eux qui, à un degré de concentration suffisamment faible, arrive à présenter deux bandes d'absorption au lieu d'une. Avant d'aborder l'étude de la réfraction dans les corps présentant plusieurs bandes d'absorption, je veux commencer par indiquer quelles sont les substances chez lesquelles je suis arrivé, en suivant la méthode ci-dessus, à découvrir des traces plus ou moins considérables de dispersion anormale.

Il a été constaté des anomalies de dispersion, ne s'étendant souvent qu'aux radiations tout à fait voisines d'une bande d'absorption, avec les dissolutions de :

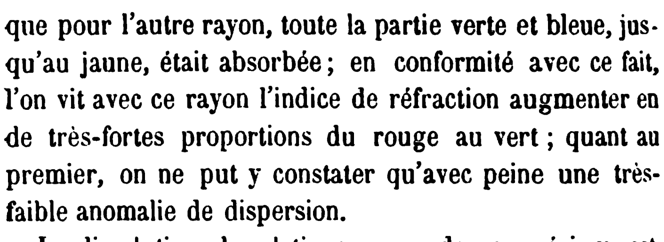
Rouge de Magdala;
Coralline;
Alizarine (dans une dissolution de potasse);
Orselline;
Tournesol;
Iode (dans un mélange de chloroforme et de sulfure de carbone);
Bois bleu (Haimatoxylon campechianum, dissolution aqueuse et ammoniacale);
Bois rouge (dissolution ammoniacale);
Bois de santal (dissolution alcoolique et ammoniacale);
Racine d'Alcanna (dissolution ammoniacale);
Bois de Fernambouc (dissolution ammoniacale);
Sang (dissolution aqueuse rouge);
Hématine;
Chlorophylle.

Quelques-unes de ces dissolutions durent être prises au degré de concentration le plus fort qui se puisse obtenir.

Avec tous les milieux qui donnent plusieurs lignes d'absorption bien marquées et nettes, avec tous ceux, du moins, qui furent jusqu'ici soumis à l'expérience, on trouva à chacune de ces bandes une anomalie de dispersion du même genre que celle que nous avons décrite ci-dessus, c'est-à-dire que, partant de l'extrémité rouge, le coefficient d'absorption croît très-rapidement à l'approche de la bande d'absorption, pour redevenir sensiblement plus petit au delà. Je n'ai pu constater encore, sur aucun de ces corps, que l'indice de réfraction fût à la fois des deux côtés de la bande obscure très-grand ou très-petit, ou qu'il fût très-petit du côté rouge de la bande en étant grand de l'autre côté. De nouvelles et plus nombreuses expériences pourront seules décider ce qui en est réellement sur ce point. Pour les corps qui présentent un plus grand nombre de raies obscures au milieu du spectre, par exemple, pour l'hypermanganate de potasse et l'iode, je ne pus rien distinguer de bien net dans les différentes bandes lumineuses; le spectre oblique présentait, il est vrai, dans ce cas, des dentelures qui néanmoins manquaient de netteté. Il faudra reprendre l'étude de ce sujet avec des moyens plus perfectionnés.

Jusqu'à présent je n'ai pu opérer que sur deux corps solides, savoir : le platinocyanure de magnésium et l'oxalate d'oxyde de chrôme et d'ammoniaque; je reçus de M. Steeg, à Hombourg, deux prismes de ces substances, lesquels malheureusement, surtout celui du premier corps, ne présentaient pas une parfaite limpidité. Dans le cas du sel de chrôme, on observa, avec les deux rayons, de faibles traces d'anomalie dans la dispersion; avec le sel de platine l'un des deux rayons donna une bande d'absorption très-marquée dans le milieu du spectre, tandis





que pour l'autre rayon, toute la partie verte et bleue, jusqu'au jaune, était absorbée ; en conformité avec ce fait, l'on vit avec ce rayon l'indice de réfraction augmenter en de très-fortes proportions du rouge au vert ; quant au premier, on ne put y constater qu'avec peine une très-faible anomalie de dispersion.

La dissolution du platinocyanure de magnésium est, comme on sait, presque blanche et ne présente point d'absorption, elle ne donna point non plus de dispersion anormale ; la dissolution du sel de chrôme montra des traces d'anomalie. J'espère, lorsque j'aurai pu me procurer des cristaux plus parfaits de différentes substances, arriver à une solution pour ce qui tient à la dispersion anormale des corps solides ; je crois cependant pouvoir conclure dès à présent de mes observations sur l'une des deux images spectrales fournies par le sel de platine, qu'il n'est pas absolument nécessaire qu'une substance soit dichroïque à l'état solide pour donner une dispersion anormale lorsqu'elle est à l'état de dissolution.

Quand même les expériences que j'ai faites jusqu'ici sur les anomalies de la dispersion sont très-loin d'être ni complètes ni suffisantes, et n'ont point épuisé le sujet, il ne me semble cependant pas tout à fait prématuré d'en déduire encore quelques conclusions à la suite de celles qui précèdent.

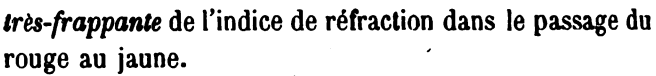
Dans ma première communication je partis d'une hypothèse concernant le rapport qui devait exister suivant moi entre la nature de la réfraction et la propriété de certains corps de posséder une couleur superficielle ; comme l'expérience le montre, la couleur superficielle ou plus exactement un pouvoir réflecteur intense marche de paire avec un grand pouvoir d'absorption ; l'on peut donc,

des données expérimentales que nous possédons jusqu'ici, conclure qu'il existe une dépendance mutuelle entre les trois propriétés suivantes, pouvoir réflecteur et absorbant intense et anomalie de réfraction. On peut admettre à peu près, sans le moindre doute, que toutes les substances qui ont été indiquées dans ce qui précède comme donnant une dispersion anormale, présentent à l'état solide la propriété de réfléchir d'une manière très-intense certaines espèces de radiations, c'est-à-dire qu'elles possèdent des couleurs superficielles. Mais il y a encore toute une série de milieux qui présentent bien des phénomènes d'absorption, mais ne possèdent pas de couleurs superficielles appréciables, ainsi les verres colorés, la plupart des sels colorés, etc. Peut-être ces corps, dont le pouvoir absorbant est somme toute beaucoup plus faible que celui des substances que nous avons étudiées, présentent-ils bien aussi un pouvoir réflecteur différent pour les différents rayons, et par conséquent des bandes d'absorption également accompagnées d'anomalies de réfraction, seulement cette propriété nous échappe encore, si tant est qu'ils la possèdent.

J'ai commencé à étudier une série de corps colorés chez lesquels on ne voit pas de couleur superficielle[1]. Un certain nombre d'entre eux qui jouissent de la propriété d'absorber la partie la plus réfrangible du spectre, ainsi la solution de sous-chlorure de fer, l'iode dans l'alcool, l'acide chromique que l'on peut amener à un degré de concentration assez élevé, montrent une *augmentation*

[1] Tout corps donnant une dispersion normale présente en réalité une couleur superficielle bleuâtre, puisque pour lui l'indice de réfraction va en augmentant vers le bleu ; notre œil ne distingue cependant point cette teinte du blanc.





très-frappante de l'indice de réfraction dans le passage du rouge au jaune.

Avec une autre classe de substances qui donnent des bandes d'absorption au milieu du spectre, savoir, les sels de cobalt et l'alun vert de chrôme très-concentrés, j'obtins un spectre qui présentait de faibles dentelures. Ces expériences demandent des prismes creux autres que ceux que j'ai employés jusqu'ici ; il ne me semble pourtant pas vraisemblable que l'on puisse réussir à établir d'une manière positive qu'il existe un rapport entre l'absorption et la réfraction, ou une modification de cette réfraction. Ce lien ne pourrait être, il est vrai, que fort général et fort lâche, attendu que l'on ne pourra probablement pas arriver à trouver une relation numérique entre ces deux grandeurs.

Würzbourg, 28 mai 1871.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

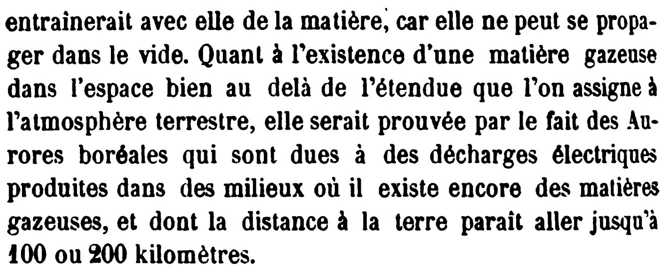
J. Becquerel père. De l'origine céleste de l'électricité atmosphérique. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, du 12 juin 1871).

C'est avec une bien vive satisfaction que nous avons vu reparaître dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences le nom de l'un des plus illustres vétérans de la science que compte l'Académie, celui de l'infatigable M. Becquerel, toujours plein d'ardeur et d'activité pour la science. Il vient de communiquer à l'Académie un travail sur l'origine de l'électricité atmosphérique dont le compte rendu du 12 juin renferme simplement un extrait.

Convaincu que les causes physiques, chimiques et physiologiques qui dégagent de l'électricité à la surface de la terre ne peuvent fournir les quantités énormes d'électricité répandues dans les espaces planétaires, il cherche si cette électricité n'aurait point une origine céleste.

Suivant M. Becquerel, les taches solaires qui ont quelquefois jusqu'à 16000 lieues d'étendue, paraissent être des cavités par lesquelles s'échappent de la photosphère, l'hydrogène et les diverses substances qui composent l'atmosphère solaire. Or l'hydrogène, qui ne paraît être ici que le résultat d'une décomposition, emporte avec lui de l'électricité positive qui se répand dans les espaces planétaires, puis dans l'atmosphère terrestre et même dans la terre, en diminuant toujours d'intensité, à cause de la mauvaise conductibilité des couches d'air de plus en plus denses, et de celle de la croûte superficielle de la terre. Celle-ci ne serait donc négative que parce qu'elle serait moins positive que l'air. La diffusion de l'électricité vers les espaces planétaires tiendrait à ce qu'elle





entrainerait avec elle de la matière, car elle ne peut se propager dans le vide. Quant à l'existence d'une matière gazeuse dans l'espace bien au delà de l'étendue que l'on assigne à l'atmosphère terrestre, elle serait prouvée par le fait des Aurores boréales qui sont dues à des décharges électriques produites dans des milieux où il existe encore des matières gazeuses, et dont la distance à la terre paraît aller jusqu'à 100 ou 200 kilomètres.

Telles sont, en résumé, les idées de M. Becquerel. Nous sommes parfaitement d'accord avec lui, que le Soleil joue un rôle prépondérant dans la production de l'électricité atmosphérique; nous avons énoncé à maintes reprises cette opinion en nous occupant des Aurores boréales. La concordance remarquable qui a été constatée entre la période des taches solaires et celle des Aurores polaires en est une preuve irrécusable. Mais quant à la nature même du rôle que joue le Soleil dans la production de l'électricité atmosphérique, nous reconnaissons qu'elle n'est pas facile à établir. Les idées de M. Becquerel, à cet égard, nous paraissent un peu difficiles à admettre. Que devient l'électricité négative du Soleil s'il émet constamment et uniquement de la positive ? Si cette électricité positive émanée du Soleil au moyen de particules gazeuses qu'elle entraîne avec elle se répand dans tout l'espace planétaire, la proportion qui atteint l'atmosphère terrestre doit être bien faible et me paraît insuffisante pour expliquer tous les grands phénomènes électriques qui se passent dans les régions supérieures de cette atmosphère.

Je serais donc plutôt disposé à croire que la source de l'électricité atmosphérique est dans le globe terrestre lui-même qui se charge d'électricité négative pendant que la positive se répand dans son atmosphère avec les vapeurs aqueuses qui s'élèvent constamment des mers tropicales. Le rôle du Soleil consisterait bien plutôt dans une action indirecte, c'est-à-dire que l'électricité positive, au lieu d'émaner

de la surface solaire elle-même, proviendrait d'une action exercée par le Soleil ou par ses rayons sur le globe terrestre. Cette action varierait d'intensité avec l'état de la surface du Soleil, étant d'autant plus prononcée que cette surface présente plus de taches. Quant à la nature même de cette action, il est encore difficile de l'établir d'une manière certaine. S'exerce-telle sur l'atmosphère ou sur la surface du globe terrestre ? Consiste-t-elle dans une évaporation plus ou moins rapide des eaux de mer ? Et, dans ces diverses hypothèses, quelle est l'influence des taches solaires ? Leur présence faciliterait-elle l'évaporation, la chaleur obscure étant plus facilement absorbable par l'eau de mer que la chaleur lumineuse ? Voilà autant de questions, et il y en a bien d'autres dont la solution serait nécessaire pour résoudre le phénomène.

Quoi qu'il en soit, il me semble difficile de chercher l'origine de l'électricité atmosphérique ailleurs que dans le globe terrestre lui-même, et de ne pas admettre en même temps l'influence du Soleil sur la production de cette électricité. Pourquoi le phénomène des Aurores boréales, si l'électricité qui les produit provenait directement du Soleil, serait-il un phénomène atmosphérique, comme le prouvent, malgré les hauteurs auxquelles on estime (peut-être d'une manière erronée) qu'il se passe quelquefois, tous les effets qui l'accompagnent, et en particulier le fait qu'il participe au mouvement de la terre, ce qui n'aurait pas lieu si c'était un phénomène cosmique.

J'emprunte en terminant, à la communication de M. Becquerel, une observation récente qui confirme toujours plus l'origine électrique, et je dirai terrestre, de l'Aurore boréale.

On a souvent rapporté le récit de voyageurs qui, en traversant les montagnes de la Norwége, ayant été enveloppés par une Aurore boréale, ont senti une forte odeur de soufre qu'on ne pouvait attribuer qu'à la présence de l'ozone. Or de pareils faits viennent d'être constatés d'une manière re-

marquable par M. Paul Rollier, l'intrépide aéronaute chargé d'une mission importante, qui, parti en décembre dernier, pendant le siége, est descendu quatorze heures après en Norwége, sur le mont Lide à 1300 mètres de hauteur, couvert de neige, au milieu des plus grands périls qu'il a surmontés avec une rare intelligence. Voici ce qui est rapporté dans la relation de son voyage par M. Emile Cartaillac :

« A travers un brouillard plus rare, il put voir s'agiter les brillants rayons d'une Aurore boréale qui répandait partout des étranges lumières. Bientôt un son étrange, un mugissement incompréhensible se fait entendre. Le bruit cesse complétement ; il s'élève alors une odeur de soufre des plus prononcées, presque asphyxiante. »

D'après ces observations, ajoute M. Becquerel, d'un homme qui n'était point préoccupé de questions scientifiques et qui confirment les témoignages des habitants des régions polaires ét des voyageurs en Norwége, on ne saurait donc élever aucun doute sur leur véracité.

Le bruissement, c'est-à-dire le bruit de crépitation qui accompagne, ainsi que l'odeur d'ozone, l'apparition de l'Aurore boréale dans les lieux mêmes où elle se produit, ou dans ceux qui en sont voisins, sont donc des faits bien constatés. Ils ont été depuis longtemps signalés par des observateurs très-dignes de foi, et si leur existence a été quelquefois contestée, cela tient probablement à ce que pour percevoir ce bruit et cette odeur, il faut être très-rapproché du lieu même où se produit le phénomène, se trouver dans des conditions favorables, en particulier par l'absence de vent ou de tout bruit étranger ; circonstances rares, et dans lesquelles les observateurs ne se trouvent qu'exceptionnellement. Mais un petit nombre d'observations bien faites, donnant un résultat positif, sont dans ce cas bien plus concluantes qu'un grand nombre d'observations faites dans des circonstances moins favorables et donnant un résultat négatif. A. D. L. R.

DENZA, directeur de l'Observatoire de Moncalieri. OBSERVATIONS D'AURORES BORÉALES PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1871.

Aurore boréale du 9 avril, vue en Italie.

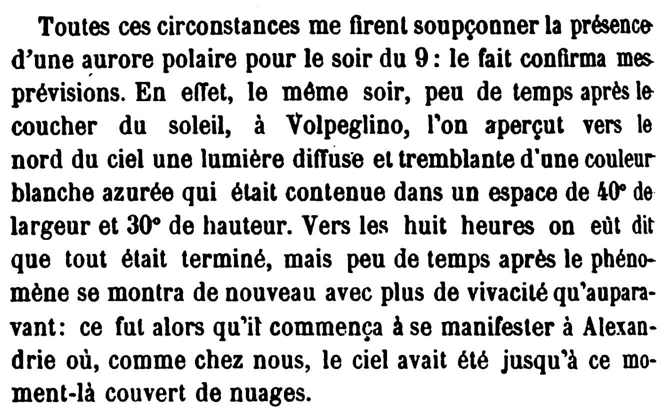
La fréquence des Aurores polaires a été, cette année, tout à fait extraordinaire pour ces contrées. Plusieurs de ces météores ont été observés en Italie pendant les mois de janvier, février et mars; mais c'est dans le mois d'avril que ce phénomène a atteint son maximum d'intensité et de fréquence. Ce sont les aurores de ce mois que nous allons décrire dans cet article.

Une nouvelle et éclatante aurore boréale a été observée à Moncalieri, Turin, Padoue, Trente, Alexandrie, Volpeglino, près de Tortone, à Plaisance, Gênes, Pérouse le soir du 9 et du 10 avril. Je crois qu'on l'a vue même en d'autres lieux.

Dès le soir du 8, la région céleste du nord était éclairée par une lumière blanchâtre, plutôt vive, qui, s'élevant au-dessus de 30° sur l'horizon, paraissait annoncer l'arrivée d'une aurore polaire. Le matin du 9 le ciel, chez nous, était couvert de cirrus et de nuages *filiformes*; depuis midi et demi jusqu'à une heure et dix minutes nous avons observé dans cette station un halo solaire qui était très-beau. Il avait un diamètre d'environ 35° et il fut admirable par la variété des couleurs dont il était orné: au commencement il était blanchâtre, puis il devint rouge à la fin; il se montra marqueté des différentes couleurs de l'arc-en-ciel. De son côté sud-est partaient de nombreux rayons de nuages blancs et *filiformes* qui formaient une aurore très-belle, environnant le halo de ce côté,

Plus tard, vers les 5 $^1/_4$ heures après midi, un orage accompagné d'éclairs, de tonnerres et de pluie traversa notre station, pendant que le baromètre était continuellement en baisse et que le déclinomètre, à trois heures après midi, tournait plus qu'à l'ordinaire vers l'est.





Toutes ces circonstances me firent soupçonner la présence d'une aurore polaire pour le soir du 9 : le fait confirma mes prévisions. En effet, le même soir, peu de temps après le coucher du soleil, à Volpeglino, l'on aperçut vers le nord du ciel une lumière diffuse et tremblante d'une couleur blanche azurée qui était contenue dans un espace de 40° de largeur et 30° de hauteur. Vers les huit heures on eût dit que tout était terminé, mais peu de temps après le phénomène se montra de nouveau avec plus de vivacité qu'auparavant : ce fut alors qu'il commença à se manifester à Alexandrie où, comme chez nous, le ciel avait été jusqu'à ce moment-là couvert de nuages.

A Moncalieri, à cause de la position défavorable de notre station du côté du nord, à 9 heures du soir on ne voyait encore rien ; quelques minutes après, comme à Volpeglino, une lumière, d'une couleur rouge pâle, commença à paraître, elle couvrait toute la constellation de Cassiopée qui, à cette heure, était peu élevée sur l'horizon, et vers le nord-ouest du méridien astronomique. A Volpeglino et à Alexandrie on vit des longues lignes lumineuses s'élever au-dessus de la lumière aurorale et quelques-unes jusqu'à 45°. A Moncalieri on n'a rien pu remarquer de tout cela, peut-être parce que l'horizon était encore un peu troublé.

Cependant l'apparition ne se montra dans toute sa splendeur qu'après 11 heures, c'est-à-dire lorsque le météore, après s'être presque entièrement évanoui, reparut peu à peu toujours plus brillant, atteignant son maximum vers onze heures et demie. La lumière devint alors à Moncalieri, ainsi qu'à Alexandrie et Plaisance d'une couleur rouge très-vif, de manière que plusieurs personnes, selon les relations que nous venons de recevoir, en furent averties par la lumière extraordinaire qui éclaira leurs chambres exposées au nord.

Comme nous l'avons observé, l'aurore occupait toute la région céleste comprise entre Persée et Cassiopée, s'étendant depuis 60° à 300° d'ascension. Cependant nous ne pûmes voir

l'extension de sa base parce que la colline nous en empêchait la vue. La zone plus lumineuse s'était dirigée en Persée et de son sommet touchait la région comprise entre η γ τ de la même constellation, à peu près dans le méridien magnétique. A minuit le phénomène était déjà assez affaibli, et à une heure après minuit on ne voyait presque plus rien. Dans la matinée du 10, le déclinomètre continua à être agité et à midi nous comptâmes 97 taches dans le soleil, tandis que le 9 nous n'en n'avions pu compter que 63.

Aurore boréale du 18 avril.

Le 18 avril on a observé dans plusieurs stations italiennes une deuxième aurore, ayant le même éclat que la précédente et qui, peut-être, était encore plus étendue. Au nord, elle a été observée à Lodi, Moncalieri, Alexandrie, Volpeglino près de Tortone et à Bra. Dans le centre elle a été observée à Urbino, St-Jean en Perjiceto, Florence, Empoli, Roccastrada, au sud elle n'a été observée qu'à Palerme,

Le météore commença à paraître le matin, il se montra depuis 1 heure et 10 minutes jusqu'à 2 heures et 45 minutes à Volpeglino, mais au commencement du jour il acquit un éclat inusité.

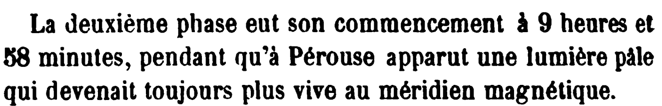
L'apparition eut deux phases de la plus grande intensité.

La première phase se montra vers 9 heures, temps moyen local; on observait l'arc auroral accoutumé, avec des zones rougeâtres et brillantes qui se jetaient au commencement dans la constellation de Cassiopée, et plus tard, vers 9 heures et 15 minutes elles s'étendaient même à celle de Persée d'un côté et de Cépée de l'autre,

Ces zones ou panaches étaient même plus brillantes que l'arc.

A 9 heures et demie l'aurore s'était évanouie, mais on voyait toujours une lumière blanchâtre sur la région septentrionale.





La deuxième phase eut son commencement à 9 heures et 58 minutes, pendant qu'à Pérouse apparut une lumière pâle qui devenait toujours plus vive au méridien magnétique.

Vers 10 heures du soir l'aurore devint encore plus brillante qu'auparavant. Des zones, en faisceaux de lumière rougeâtre, s'élevèrent de nouveau sur l'horizon, interrompues par d'autres jaunâtres et blanchâtres et d'autres obscures entre Cépée et Cassiopée. A Pérouse ces lignes lumineuses se succédaient les unes les autres et elles se dirigeaient sur un arc de lumière rouge qui s'élevait jusqu'à 45° de hauteur. La base de ce météore était à Alexandrie de 80° à peu près. A 10 heures et demie tout était terminé, il ne restait qu'une teinte blanchâtre sur l'horizon sur une étendue d'environ 115°.

A 11 heures et demie la région céleste septentrionale, à Volpeglino, n'avait pas encore repris sa couleur naturelle, mais le phénomène était partout terminé.

Aurore boréale du 23 avril.

On dirait que les phénomènes *auroraux* ont été continuels dans les jours qui suivirent l'aurore du 18, parce qu'à Moncalieri, ainsi qu'à Palerme, de ce soir (18) jusqu'au 23 on a remarqué vers le nord et le nord-ouest une teinte rougeâtre et tout à fait insolite. Elle faisait un brillant contraste avec la lumière zodiacale qui, d'un moment à l'autre, se montrait très-resplendissante.

Mais le soir du 23 elle acquit, en peu d'instants, une intensité beaucoup plus grande, et quoique elle n'eût que peu de durée, néanmoins elle put être observée dans plusieurs endroits du Piémont, à Turin, Moncaliero, Bra et Alexandrie et à Volpeglino en Lombardie; elle fut observée à Lodi; elle le fut aussi en Sicile, à Palerme.

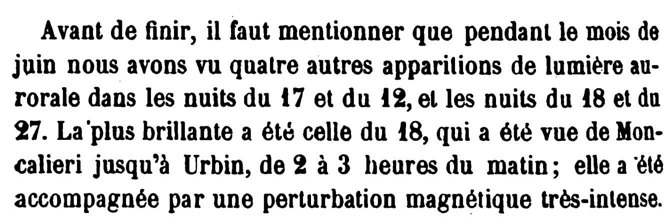
A 8 heures et 15 minutes, à Volpeglino, la plage céleste du nord commença à se montrer teinte d'une couleur rouge jusqu'à 25° sur l'horizon et dirigée en petites colonnes de lumière douées d'un mouvement d'oscillation.

A 9 heures et 15 minutes lorsque tout paraissait terminé, le météore devint beaucoup plus resplendissant ; ce fut alors qu'on le vit dans les endroits que nous venons de nommer. Le maximum de l'apparition arriva partout presque soudainement entre 9 heures et 9 et 15 minutes, temps moyen de Turin et il ne dura que 5 ou 6 minutes.

Dans quelques endroits, comme à Turin, Moncalieri, Alexandrie, Bra, on n'a vu qu'une colonne rouge de lumière uniforme, assez resplendissante, qui s'éleva sur l'horizon de 35° entre Cépée et Cassiopée. A Lodi et Volpeglino on a remarqué les faisceaux de lumière accoutumés. Ceux-ci étaient d'une couleur jaune orangée à Volpeglino, rouge à Lodi où l'on en vit deux très-distincts, un très-resplendissant entre Cépée et Cassiopée, l'autre moins brillant entre Cassiopée èt Persée. Avant et après cette apparition la région nord du ciel était couverte d'une lumière rouge blanchâtre qui, à Moncalieri, s'étendait à 90° entre le Cocher et la Lyre. A 10 heures et 17 minutes le phénomène était partout terminé.

Les aurores que nous venons de décrire furent accompagnées comme de coutume par des phénomènes météorologiques et cosmiques. Les soirs où ces phénomènes se montrèrent, les magnétomètres furent agités dans toute la péninsule. Ce mouvement se termina par une agitation très-forte qui continua dans toute la journée du 24. En effet, à Moncalieri, on a remarqué des jets de lumière rouge au commencement du soir de ce jour. Pendant ces jours les taches solaires furent nombreuses à Rome, à Palerme, ainsi qu'à Moncalieri; mais le plus grand nombre fut observé le jour des aurores.

Je terminerai en disant que la fréquence inusitée des phénomènes auroraux à des latitudes basses n'a pas lieu seulement dans notre contrée, parce que, comme M. Heis de Münster me l'a fait observer, même à Athènes, l'infatigable astronome M. Jules Schmidt en observe assez souvent. Je crois que la même chose arriverait même ailleurs s'il y avait partout des observateurs diligents et patients.



Avant de finir, il faut mentionner que pendant le mois de juin nous avons vu quatre autres apparitions de lumière aurorale dans les nuits du 17 et du 12, et les nuits du 18 et du 27. La plus brillante a été celle du 18, qui a été vue de Moncalieri jusqu'à Urbin, de 2 à 3 heures du matin; elle a été accompagnée par une perturbation magnétique très-intense.

Observatoire de Moncalieri, 11 juillet 1871.

CHIMIE.

Ch. SCHLOESING. SUR LA PRÉCIPITATION DES LIMONS PAR DES SOLUTIONS SALINES TRÈS-ÉTENDUES. (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 4me série, tome XIII, p. 107.)

Durant le cours de mes expériences sur le déplacement des liquides contenus dans une terre [1], au moyen d'une pluie artificielle d'eau distillée, j'ai observé souvent que la solution recueillie, toujours limpide pendant une première période de l'opération, finissait par passer trouble, et se chargeait graduellement de matières limoneuses, à mesure qu'elle s'affaiblissait par son mélange avec l'eau de lavage. Au contraire, quand je faisais circuler constamment à travers la même terre un courant d'air contenant quelques centièmes d'acide carbonique, j'obtenais jusqu'à la fin des liquides parfaitement clairs. Comme l'acide carbonique avait pour principal effet d'entretenir un certain taux de bicarbonates terreux en dissolution, j'ai pensé que la limpidité de mes eaux pourrait bien avoir quelque rapport avec la présence de ces sels, et j'ai été ainsi conduit à expérimenter l'action des diverses substances salines sur les parties limoneuses des terres arables. Cette recherche m'a fourni quelques observations qui me semblent dignes d'être publiées.

Je dépouille une terre arable, placée sur un filtre, de ses sels solubles; je la délaye ensuite dans de l'eau distillée;

[1] *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 4me série, tome XI, p. 461.

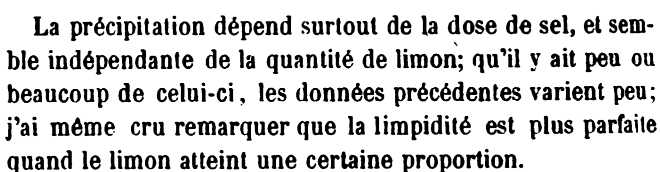
après dépôt du sable, je décante le liquide, qui tient en suspension ce qu'on appelle de l'*argile*, et j'abandonne au repos; un nouveau dépôt se forme, mais l'eau demeure trouble pendant un temps très-prolongé : j'ai du limon ainsi suspendu dans l'eau pure depuis un mois. L'intensité du trouble dépend naturellement de la nature plus ou moins argileuse de la terre. Après avoir ainsi constaté la persistance du trouble, je verse dans le liquide une très-petite quantité d'un sel calcaire ou magnésien, et j'agite : le limon s'agrége en flocons, semble se coaguler et tombe au fond du vase; le liquide s'éclaircit immédiatement, et s'éclaircira bientôt tout à fait. Le temps nécessaire pour la formation du dépôt et l'éclaircissement complet de l'eau varie avec la dose et la nature du sel ajouté; quelques chiffres fixeront les idées à cet égard.

De l'argile plastique grise, purifiée de corps étrangers par lévigation, est précipitée immédiatement par $\frac{1}{1000}$ de chlorure de calcium pour 1 de liquide; $\frac{2}{10000}$ la précipitent en quelques minutes. La dose diminuant jusqu'à $\frac{1}{50000}$, le temps nécessaire pour la clarification croît jusqu'à deux et trois jours.

Le nitrate, le sulfate, le bicarbonate calcaire, la chaux caustique m'ont paru agir comme le chlorure. Les sels de magnésie ont presque autant d'action que les précédents. Les sels de potasse exigent des doses environ cinq fois plus fortes que celles des sels calcaires pour produire les mêmes effets ; les sels de soude sont encore moins actifs.

Tous les limons de terre arables que j'ai expérimentés m'ont donné des résultats comparables à ceux que l'argile a fournis. Quelques dix-millièmes de sels calcaires les précipitent rapidement; quelques cent-millièmes clarifient les eaux au bout de vingt-quatre ou quarante-huit heures; ainsi un litre d'eau de Seine, souillée de limon de terre arable ou d'argile plastique, devient limpide tantôt après un jour, tantôt après deux; elle contient actuellement 89 milligrammes de chaux par litre.





La précipitation dépend surtout de la dose de sel, et semble indépendante de la quantité de limon; qu'il y ait peu ou beaucoup de celui-ci, les données précédentes varient peu; j'ai même cru remarquer que la limpidité est plus parfaite quand le limon atteint une certaine proportion.

Les limons coagulés se laissent aisément filtrer, tandis que, suspendus dans l'eau pure, ils engorgent les filtres et les rendent étanches.

Débarrassés par le filtre du sel précipitant, ils rentrent en suspension dans l'eau pure, et peuvent en être précipités de nouveau; j'ai alterné plusieurs fois les deux opérations sans modification apparente dans les résultats.

De ces faits découlent quelques conséquences qui intéressent l'étude des terres arables.

Les eaux qui filtrent à travers un sol sortent limpides, tant qu'elles renferment de petites doses de chaux ou de magnésie: le limon est et demeure coagulé; mais il se délaye et se met en suspension dans l'eau pure ou trop pauvre en sels calcaires ou magnésiens: c'est pourquoi les eaux de drainage sont claires; mais les flasques d'eau de pluie qui séjournent sur les champs demeurent longtemps troubles. Il est évident, d'après cela, que les sels de la terre tendent à maintenir l'ameublement des sols, en s'opposant au délayage de l'argile. J'ai, du reste, des expériences qui le prouvent: une terre de Neauphle-le-Château, émiettée dans mon appareil à déplacement, et par conséquent dans un état presque parfait d'ameublissement, tombe en pâte à mesure que l'eau distillée la pénètre, pendant qu'elle conserve l'état meuble dans les parties inférieures tout aussi imbibées que les autres, mais d'où les sels n'ont pas encore été éliminés. La terre de mon champ d'expériences de Boulogne présente, à un degré moindre, les mêmes effets; mais je puis la laver indéfiniment avec une solution contenant 1 dix-millième de chlorure calcique sans altérer la forme ou la disposition de ses particules.

Il est encore évident que, sans les sels de la terre, l'argile,

délayée par la pluie, tendrait à descendre avec elle, pour être entraînée définitivement, ou former à une certaine profondeur une couche imperméable,

Je fixerai maintenant l'attention, pendant un instant, sur l'analyse mécanique des sols: cette opération est restée bien incomplète quant à ses résultats, malgré le perfectionnement des appareils, et l'on continue à désigner sous le nom vague d'*argile* des mélanges indéterminés de sable et d'argile proprement dite. Ces deux éléments, en effet, ne sont guère séparables par l'eau ordinaire, qui est presque toujours assez calcaire pour les précipiter pêle-mêle. L'emploi exclusif de l'eau distillée, que je ne trouve nulle part recommandée, comporte des repos prolongés pendant lesquels les sables ont le temps de se séparer; c'est ainsi que des produits de lévigation qu'on aurait appelés des *argiles* m'ont donné plus des trois quarts de leur poids de sable très-fin, ne prenant pas sensiblement corps par la dessication. Je suis certain qu'on sera étonné de la diminution du taux d'argile réelle dans les terres les plus fortes, quand on substituera l'eau distillée à l'eau commune dans l'analyse des sols par lévigation.

Je ne voudrais pas m'exposer au reproche de tirer de trop grandes conséquences d'une simple observation. Cependant les limons sont mêlés à tant d'importantes questions, qu'on me pardonnera les remarques par lesquelles je terminerai cette note.

Je n'ai pas encore pu expérimenter sur les limons charriés par les cours d'eau, mais leur origine me permet de les assimiler à ceux des terres arables. Partant de là, si je considère les limons des fleuves à la fin de leur course, je leur trouve dans l'eau de mer un précipitant très-actif, qui doit hâter leur dépôt aux embouchures. On peut attribuer à la même cause la rapidité avec laquelle la mer se dépouille des vases soulevées par l'agitation des flots.

Les riverains des cours d'eau qui pratiquent le colmatage ont intérêt à accélérer la formation des dépôts; dans certains



cas, ils pourront mettre à profit mes observations, en mêlant à leurs eaux les éléments calcaire ou magnésien empruntés soit à des eaux de sources, soit à des résidus industriels à bas prix.

Les industriels sont souvent gênés par les limons ; je crois qu'en bien des circonstances ils pourront s'en débarrasser, sans nuire à leurs opérations, par l'un des précipitants que j'ai indiqués.

Certaines eaux potables empruntées aux rivières demeurent troubles, malgré leur séjour dans de vastes bassins; telles sont les eaux de la Durance qui alimentent Marseille. L'apparition des limons coïncidant avec les crues, c'est-à-dire avec des apports considérables d'eaux qui n'ont pas pénétré dans le sol et qui ne s'y sont pas chargées de sels, il se trouve que les précipitants font défaut précisément au moment où ils seraient le plus nécessaires. Je crois pouvoir assurer qu'en pareils cas un complément de l'élément calcaire soluble, donné sous les formes de sulfate et de chlorure, et calculé de manière à restituer aux eaux un titre normal, leur rendrait la faculté de déposer leurs limons. L'opération serait très-simple, puisqu'elle se réduirait à introduire les sels dans les canaux, à quelque distance en amont des bassins. Elle serait de plus peu coûteuse : 1 kilogramme de sel calcaire suffirait pour clarifier de 20 à 50 mètres cubes; il en faudrait d'autant moins que le cube des bassins permettrait un plus long repos. Une autre solution de la question, plus simple encore, consisterait à dériver dans le canal d'arrivée des eaux suffisamment calcaires, empruntées à quelque source convenablement choisie.

A. Ditte. Chaleur de combustion du magnésium et du zinc. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 19 juin 1871, page 762.)

Je me suis proposé dans ce travail d'étudier les phénomènes calorifiques qui accompagnent la combinaison du ma-

gnésium, du cadmium, de l'indium et du zinc avec l'oxygène, et de comparer les quantités de chaleur mesurées avec les propriétés physiques et chimiques de ces métaux. Je donnerai aujourd'hui les résultats relatifs au magnésium et au zinc.

I. — *Chaleur de combustion du magnésium.*

Première méthode. — Elle consiste dans la mesure des quantités de chaleur qui deviennent sensibles lorsque des poids équivalents de magnésium et de magnésie se dissolvent dans une même liqueur. La différence des deux nombres qne l'on obtient permet de calculer le résultat cherché.

On place dans l'un des moufles du calorimètre à mercure de MM. Favre et Silbermann une quantité connue d'une dissolution titrée d'acide sulfurique, et l'on y dissout un poids déterminé de magnésium pur. J'ai dit ailleurs [1] comment l'opération doit être conduite, et comment l'expression

$$Q = \left[N' - N - \frac{m \pm m'}{2} (T' - T) \right] a$$

représente le nombre de calories qui correspondent à la dissolution du métal.

Or, au contact de l'acide sulfurique étendu, tout se passe comme si 1 équivalent de magnésium décomposait 1 équivalent d'eau pour se transformer en sulfate de magnésie. Pour se séparer en ses éléments, cette eau, d'après les déterminations de M. Favre, exige 34462 calories, qui, dès lors, ne sont pas sensibles au calorimètre; de plus, l'hydrogène mis en liberté se sature de vapeur d'eau qu'il entraîne avec lui, et dont la volatilisation emprunte au calorimètre une certaine quantité de chaleur. J'ai tenu compte dans mes calculs de tous ces éléments.

Les expériences ont été faites en dissolvant, $0^{gr},200$ de ma-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, séance du 25 avril 1870.

gnésium, tantôt en limaille, tantôt en fragments, dans 50 centimètres cubes d'une dissolution contenant par litre $262^{gr},7$ d'acide sulfurique monohydraté ; elles ont conduit aux résultats qui suivent :

Chaleur observée Q	par gramme .	$4640^{cal},4$
	par équivalent.	55685
Température du calorimètre . . .		$t = 18°,5$
Hauteur du baromètre à zéro. . .		$H = 750^{mm}$
Tension maxima de la vapeur d'eau à $t°$.		$h = 15^{mm},8$ (M. Regnault.)
Chaleur latente de vaporisation de l'eau à $t°$ ($\lambda = 606,5 + 0,0305t$)		$\lambda = 612,6$
Poids de la vapeur d'eau entraînée		$P = 1^{gr},231$
Chaleur de volatilisation de cette eau		$q = 754^{cal},1$

ce qui fait, pour la quantité de chaleur Q qui accompagne la dissolution de 1 équivalent de magnésium,

$$Q = 55685^{cal}\,(Q) + 34462^{cal} + 754^{cal}\,(q) = 90901.$$

Or Q correspond non-seulement à l'oxydation du magnésium, mais encore à la formation du sulfate de magnésie, à la dissolution de ce sulfate, etc. Si l'on recommence la même opération avec de la magnésie pure, l'on obtiendra un autre nombre Q_1 correspondant à des réactions identiques, sauf une seule, l'oxydation du métal, de telle sorte que la différence $Q - Q_1$ représente précisément la chaleur de combustion du magnésium.

Lorsqu'on dissout dans 50 centimètres cubes de la liqueur acide $0^{gr},333$ de magnésie obtenue en maintenant, pendant plusieurs heures, à 350 degrés, du nitrate de magnésie pur [1], le calorimètre s'échauffe de $278^{cal},16$, ce qui fait par équiva-

[1] J'indiquerai, dans un prochain mémoire la raison pour laquelle je dois insister avec soin sur la température maxima à laquelle a été portée la magnésie employée.

lent $Q_1 = 16690^{cal}$. En retranchant ce nombre de Q, l'on trouve, pour la chaleur de combustion du magnésium dans l'oxygène,

Par gramme. . . . . 6187^{cal}
Par équivalent. . . . 74246

Deuxième méthode. — En parlant des propriétés de l'acide iodique, j'ai fait remarquer l'action très-vive qu'il exerce sur le magnésium en donnant de l'iodate de magnésie, pendant que de l'iode est mis en liberté [1]. Cette réaction très-simple permet de déterminer avec facilité la chaleur de combustion du métal.

On opère absolument comme au cas précédent, mais en se servant d'une dissolution d'acide iodique, et l'on trouve, d'une manière toute semblable, une valeur de Q. D'ailleurs 1 équivalent de magnésium, en passant à l'état d'iodate de magnésie, décompose le poids d'acide iodique nécessaire pour l'oxyder, c'est-à-dire $\frac{1}{5}$ d'équivalent, et celui-ci pour se séparer en ses éléments, exige, comme je l'ai fait voir [2], 2792 calories. Par suite, la chaleur Q qui accompagne la dissolution du métal se compose de deux termes, et l'on a

$$Q = \mathrm{Q} + 2792^{cal}.$$

Les expériences faites en dissolvant 0,194 de magnésium distillé dans 30 centimètres cubes d'une dissolution contenant 50 grammes d'acide iodique monohydraté pour 150 d'eau, ont donné pour Q les résultats suivants [3].

[1] Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris, p. 25. Paris, Gauthier-Villars, juin 1870.

[2] *Comptes rendus*, séance du 25 avril 1870.

[3] L'acide iodique décomposé, en passant de l'état dissous à l'état anhydre, emprunte ou cède au calorimètre une certaine quantité de chaleur dont il y aurait à tenir compte. Dans les expériences qui précèdent $0^{gr},200$ de magnésium décomposent $0^{gr},550$ d'acide iodique anhydre; leur dissolution dans 30 centimèt. cubes de la liqueur employée ne s'accompagne d'aucun phénomène calorifique appréciable.

	I.	II.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Pour 0,194	1375,5	1374,8	1375,1
Ce qui fait par gramme .	7090,3	7050,4	7070,3
» par équivalent	85044	84606	84825

Mais ici encore, la quantité Q ne correspond pas à l'oxydation seule du métal, puisque l'on obtient de l'iodate de magnésie dissous; il est nécessaire de recommencer l'opération avec de la magnésie pure pour prendre ensuite la différence des deux résultats. Or, si l'on opère exactement de même, on trouve que 0^{gr},330 de magnésie préparée à 350 degrés communiquent au calorimètre, en se dissolvant dans 30 centimètres cubes de la liqueur acide, 245^{cal},49, ce qui fait par gramme 736^{cal},3, et par l'équivalent 14727 calories. En retranchant ce nombre de Q, on a, pour la chaleur de combustion du magnésium,

	I.	II.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Par gramme	6092,4	6055,5	6073,9
Par équivalent	73109	72671	72890

ce résultat comparé à celui de la première méthode donne :

	1re méthode.	2me méthode.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Par gramme	6187	6074	6130,5
Par équivalent . . .	74246	72890	73568

Or le premier nombre est obtenu au moyen de la chaleur de formation de l'eau, constante déterminée avec une très-grande exactitude et par de très-nombreuses expériences, tandis que le second se calcule par la chaleur de combustion de l'iode. La différence qui existe entre eux ne s'élevant qu'à un soixantième de leur valeur, il me sera permis dans la suite de m'appuyer sur le résultat relatif à l'iode, lorsqu'il ne sera pas possible d'employer celui qui se rapporte à l'eau.

II. — *Chaleur de combustion du zinc.*

Je l'ai déterminée, comme celle du magnésium, en dissolvant $0^{g},400$ de zinc pur dans 50 centimètres cubes d'une liqueur renfermant par litre $382^{gr},5$ d'acide sulfurique monohydraté; les mêmes corrections que pour le magnésium ont été faites; les résultats obtenus sont les suivants :

	I.	II.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Chaleur observée par gramme. . .	572,8	582,7	577,7
» par équivalent. .	18204	19231	19067

Température du calorimètre. . . . $t = 18°,4$
Hauteur du baromètre à 0°. . . . . $H = 749^{mm},8$
Tension maxima de la vapeur d'eau à $t°$. . . . . $h = 15^{mm},8$(M.Regnault.)
Chaleur latente de vaporisation de l'eau à $t°$. . . . . $\lambda = 612,6$
Poids de la vapeur d'eau entraînée $P = 1^{gr},230$
Chaleur de vaporisation de cette eau. . . . . $q = 754^{cal},0$

ce qui donne, pour la chaleur qui accompagne la dissolution de 1 équivalent de zinc,

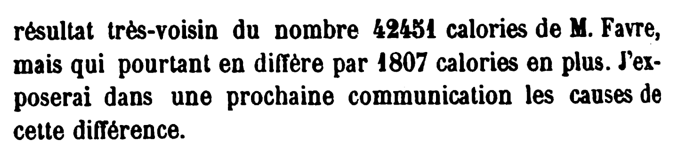
	I.	II.	Moyenne.
$Q =$	53891^{cal}	54204^{cal}	54047^{cal}

D'autre part en dissolvant dans la même liqueur de l'oxyde de zinc pur, provenant de la calcination du nitrate au rouge sombre, l'on observe un échauffement du calorimètre qui est :

	I.	II.	Moyenne.
Par gramme. . . .	$242^{cal},1$	$235^{cal},4$	$238^{cal},7$
Par équivalent. . .	9928	9652	9790

ce qui fait pour la chaleur de combustion du zinc dans l'oxygène :

Par gramme . . .	$1357^{cal},8$	$1358^{cal},2$	$1357^{cal},6$
Par équivalent . .	44240	44276	44258


résultat très-voisin du nombre 42451 calories de M. Favre, mais qui pourtant en diffère par 1807 calories en plus. J'exposerai dans une prochaine communication les causes de cette différence.



ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr W. Marcet. Recherches expérimentales sur la constitution du sang et sur la nutrition du tissu musculaire. (*Proceedings de la Société Royale de Londres*, vol. XIX, n° 128, et *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, du 19 juin 1871.)

Les résultats de ce travail, communiqué à la Société Royale de Londres le 11 mai 1871, peuvent être résumés comme suit :

1° Le sang est un liquide essentiellement colloïde.

2° Bien que le sang soit essentiellement colloïde, il contient néanmoins invariablement une faible proportion de substances diffusibles, représentée approximativement par 7,3 gr. sur 1000 gr. de sang, et par 9,25 gr. sur un volume égal de sérum. Ce résultat a été obtenu en soumettant à la dialyse le sang et le sérum pendant vingt-quatre heures.

3° La quantité de chlore (sous forme de chlorure) contenu dans le sang est singulièrement peu variable, et peut être représentée par 3,06 parties sur 1000. L'un des effets des chlorures, ainsi que des autres constituants diffusibles du sang, paraît être de maintenir cette substance à l'état liquide. Les substances qui communiquent au sang une réaction alcaline sont de nature cristalloïde, et par conséquent diffusibles. Le fait qu'elles restent dans le sang, pendant la circulation de celui-ci à travers le corps, est d'une haute importance sous le rapport du phénomène d'oxydation qui a lieu constamment pendant la vie.

4° Le sang renferme de l'acide phosphorique et du fer à l'état essentiellement colloïde, ou en d'autres termes, complétement indiffusibles lorsqu'on les soumet à la dialyse. Les

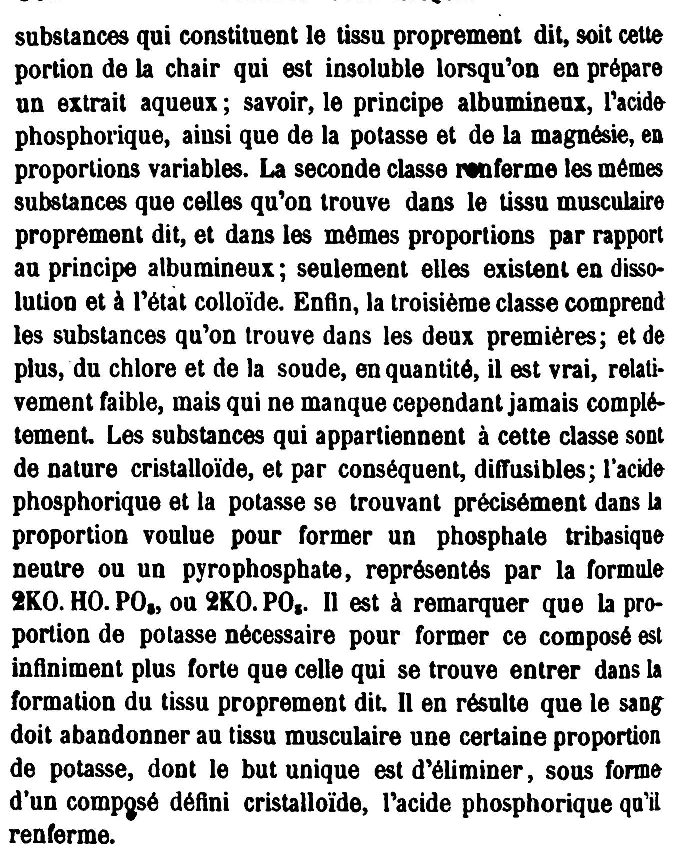
proportions dans lesquelles ces substances se trouvent dans le sang paraissent varier pour le peroxyde de fer de 76,2 à 78,61 pour cent, et pour l'acide phosphorique de 21,39 à 23,8 pour cent.

5° Un volume donné de sang renferme plus d'acide phosphorique et plus de potasse que le même volume de sérum. Ce fait était déjà connu ; mais l'auteur a réussi à démontrer que cet excès d'acide phosphorique et de potasse dans le sang, localisé dans ses corpuscules, est plus grand que celui que l'on obtient, en comparant entre elles les proportions d'acide phosphorique et de potasse colloïdes contenues dans le sang et dans le sérum. L'auteur en conclut qu'il doit exister dans les corpuscules sanguins une force de nature à mettre obstacle à la diffusion des substances diffusibles qu'ils renferment. Cette force paraît dépendre de l'état corpusculaire proprement dit, puisqu'elle cesse d'agir dés que cet état disparaît par suite du mélange des corpuscules avec l'eau. Cette propriété des corpuscules sanguins peut donner lieu dans le sang à une accumulation de potasse, représentée par un peu plus de *quatre* fois la quantité qui existe dans un volume égal de sérum extrait du même sang.

6° Un mélange d'acide phosphorique et de potasse à l'état colloïde peut être préparé artificiellement, en faisant dialyser une dissolution de chlorure de potassium et de phosphate de sodium. La masse colloïde, ainsi obtenue, paraît conserver les caractères du phosphate tribasique neutre dont elle provient.

7° En dialysant pendant un certain temps des quantités déterminées de phosphate de sodium et de chlorure de potassium, on obtient dans le liquide colloïde des proportions d'acide phosphorique, de potasse, de chlore et de soude, qui se rapprochent des proportions relatives dans lesquelles ces mêmes substances se trouvent dans le sérum après vingt-quatre heures de dialyse.

8° Le tissu musculaire est composé de substances appartenant à trois classes différentes. La première comprend les



substances qui constituent le tissu proprement dit, soit cette portion de la chair qui est insoluble lorsqu'on en prépare un extrait aqueux; savoir, le principe albumineux, l'acide phosphorique, ainsi que de la potasse et de la magnésie, en proportions variables. La seconde classe renferme les mêmes substances que celles qu'on trouve dans le tissu musculaire proprement dit, et dans les mêmes proportions par rapport au principe albumineux; seulement elles existent en dissolution et à l'état colloïde. Enfin, la troisième classe comprend les substances qu'on trouve dans les deux premières; et de plus, du chlore et de la soude, en quantité, il est vrai, relativement faible, mais qui ne manque cependant jamais complétement. Les substances qui appartiennent à cette classe sont de nature cristalloïde, et par conséquent, diffusibles; l'acide phosphorique et la potasse se trouvant précisément dans la proportion voulue pour former un phosphate tribasique neutre ou un pyrophosphate, représentés par la formule $2KO.HO.PO_5$, ou $2KO.PO_5$. Il est à remarquer que la proportion de potasse nécessaire pour former ce composé est infiniment plus forte que celle qui se trouve entrer dans la formation du tissu proprement dit. Il en résulte que le sang doit abandonner au tissu musculaire une certaine proportion de potasse, dont le but unique est d'éliminer, sous forme d'un composé défini cristalloïde, l'acide phosphorique qu'il renferme.

La classe n° 1 des substances qui composent le tissu musculaire constitue ce tissu à l'état d'assimilation complète. La classe n° 2 comprend les matières tirées du sang et destinées à former les substances appartenant à la classe n° 1. La classe n° 3 comprend les substances appartenant à la classe n° 1, mais sous forme de détritus et en voie d'élimination.

9° Le tissu musculaire renferme en provision une quantité de nourriture s'élevant d'un tiers environ au delà de ce qui est requis pour son usage immédiat. Cet excédant de nourriture est apparemment destiné à pourvoir à l'exercice musculaire pendant un jeûne prolongé.

10° Les nombres qui représentent dans le sang des animaux herbivores, soumis à une nourriture normale, l'excès d'acide phosphorique et de potasse sur la quantité de ces mêmes substances renfermées dans un volume égal de sérum, sont à peu près dans le même rapport entre eux que celui qui existe entre l'acide phosphorique et la potasse à leur sortie du tissu musculaire; d'où l'auteur conclut que les corpuscules du sang paraissent avoir la faculté de s'emparer des matières destinées à la nutrition du tissu musculaire, et de les lui transmettre.

11° Les matières végétales, telles que la farine, la pomme de terre et le riz, qui servent de nourriture à l'homme et aux animaux, se trouvent contenir à peu près la même proportion d'acide phosphorique et de potasse colloïde relativement aux quantités totales de ces substances qu'elles renferment. Ce fait est d'autant plus remarquable, que les proportions d'acide phosphorique et de potasse contenues dans la farine, la pomme de terre et le riz, varient extrêmement de l'un de ces végétaux à l'autre. De plus, l'auteur dit avoir remarqué dans plusieurs de ses analyses du sang, que les proportions d'acide phosphorique et de potasse colloïde, par rapport aux quantités totales de ces substances, étaient les mêmes que celles qu'on trouve dans la farine, la pomme de terre et le riz. Il en conclut que la nourriture végétale, destinée à l'homme et aux animaux, a la propriété de transformer l'acide phosphorique et la potasse, de l'état cristalloïde ou diffusible dans l'état colloïde ou indiffusible, et cela suivant certaines proportions définies. Ce n'est qu'après avoir subi cette modification que ces substances paraissent devenir propres à entrer dans la composition normale du sang, et à contribuer à la nutrition du système musculaire.

Une dernière considération, et qui n'est pas sans importance, c'est le fait ressortant de l'ensemble de ce travail, savoir, le changement ou rotation constante, qui a lieu dans la nature de l'état cristalloïde à l'état colloïde, et réciproque-

ment de l'état colloïde à l'état cristalloïde. Les substances minérales, qui doivent servir à la nutrition des végétaux, étant inanimées, doivent être nécessairement diffusibles; sans cela, elles ne pourraient être mises à la portée des plantes qu'elles sont destinées à nourrir. D'autre part, les végétaux transforment en colloïdes les substances minérales destinées à la nourriture des animaux, à tel point qu'on peut envisager la locomotion chez ceux-ci comme remplissant, sous certains rapports, les mêmes fonctions que la diffusion chez les substances minérales. En effet, si les animaux se meuvent pour chercher leur nourriture, les minéraux cristalloïdes changent aussi de place, par suite de leur diffusion, pour atteindre les plantes qu'elles sont destinées à nourrir.

Les excrétions des animaux sont cristalloïdes ou diffusibles, en ce qui concerne les substances solubles qu'elles renferment. Les portions insolubles se décomposent rapidement au contact de l'air et de l'humidité, et se transforment aussi en composés cristalloïdes. Les tissus animaux et végétaux reprennent, par décomposition après la mort, leur état cristalloïde, pour être distribués de nouveau soit à l'état gazeux, soit à l'état liquide, dans tout le règne végétal. C'est ainsi que la belle découverte de Graham sur la diffusion des liquides et des gaz, aura contribué à fournir à la science une nouvelle méthode pour pénétrer les mystères de la vie animale, et finira vraisemblablement par répandre un jour nouveau sur un grand nombre de phénomènes physiologiques restés jusqu'ici sans explication.

Giovanni Canestrini. Note zoologiche. Notes zoologiques... (*Atti dell'Istituto Veneto*, vol. XII, série III, 1871, 25 pages in-8°.)

La première des deux notes réunies sous ce titre est destinée à relever une erreur singulière du professeur Saccardo, de Trévise, qui a décrit comme un genre nouveau de Crustacés une larve de Diptère déjà observée et figurée par Réau-

mur, il y a cent trente ans. Tous ceux qui connaissent les curieuses larves des *Corethra*, ou même seulement les figures qu'en ont publiées Karsch et Weissmann, et, avant eux, Réaumur, ont dû faire déjà cette rectification en voyant la figure du soi-disant genre *Proboscistoma* donnée par Saccardo dans ses *Cenni storico-naturali intorno agli animaletti entomostracei viventi nella provincia di Treviso.*

La seconde note, plus importante que la première, contient des observations sur les Lophobranches, et en particulier sur leur reproduction et sur la filiation de certains genres. L'on sait que chez ces poissons, ou tout au moins chez une grande partie d'entre eux, les mâles présentent à la face inférieure de la queue des cavités en forme de fossettes ou de sacs dans lesquels les œufs subissent leur développement, et où les jeunes restent même un certain temps après l'éclosion. M. Canestrini n'a pas pu, mieux que les ichthyologistes qui l'ont précédé, s'assurer *de visu* de la manière dont les œufs arrivent dans ces réceptacles; toutefois, en s'appuyant sur certaines dispositions anatomiques, il émet une hypothèse assez plausible. Il y aurait, selon lui, une sorte d'accouplement qui, à l'inverse de ce que l'on voit ailleurs, ferait passer les produits femelles dans le corps du mâle. La position de l'orifice sexuel femelle et celle de l'ouverture du sac ovigère faciliteraient cet acte. En effet, l'orifice sexuel femelle regarde en bas et l'orifice du sac ovigère en haut, de sorte que si l'on met deux individus de sexe différent l'un contre l'autre, l'orifice femelle sera en face de l'orifice du sac ovigère et pourra verser ses œufs dans celui-ci. Il est probable que la queue préhensile de ces animaux joue aussi un rôle (tout au moins chez les Hippocampes) en permettant aux deux individus de se tenir étroitement unis pendant cet acte qui doit durer un certain temps ou se répéter à plusieurs reprises. Le rapprochement des sexes est évidemment indispensable chez les Nerophis qui manquent de poche pour recevoir les œufs et ont simplement à la surface du ventre une série de fossettes si peu profondes qu'aucun œuf ne pourrait y arriver et y



rester, s'il n'était déposé en place et collé par une substance gluante.

M. Canestrini pense que le mâle féconde les œufs après que ceux-ci ont pénétré dans le sac ovigère, l'ouverture sexuelle mâle communiquant avec cette cavité par l'intermédiaire d'un conduit formé aux dépens des parois renflées de la partie antérieure du sac. C'est dans ce conduit que se trouve la nageoire anale, si bien cachée que des observateurs très-exacts, tel que Van der Hœven avaient nié son existence. Les mouvements de cette nageoire doivent faciliter le renouvellement de l'eau dans laquelle flottent les œufs ou les jeunes déjà éclos.

Le développement des Lophobranches offre quelques faits intéressants et d'une certaine portée. Ainsi, M. Canestrini a observé que dans les premiers temps de leur vie les Hippocampes ont un museau de dimensions normales, de sorte que les caractères de l'ordre n'apparaissent chez eux qu'à une époque assez avancée du développement.

Le docteur Fries avait remarqué que la *Nerophis lumbriciformis* possède à l'état jeune des pectorales très-distinctes et une nageoire embryonnaire comprenant la caudale, tandis qu'à l'état adulte elle manque entièrement des premières et n'a plus qu'une trace de la seconde sous forme d'une nageoire dorsale. Un fait semblable se présente chez les Hippocampes. Ces poissons se distinguent à l'état adulte des Siphonostomes et des Syngnathes par le manque de nageoire caudale. Mais, en examinant des *Hippocampus brevirostris* longs de 5 3/4 millim. M. Canestrini a découvert qu'ils possèdent une nageoire caudale parfaitement distincte, quoique peu développée. Elle est formée par un prolongement de la peau qui recouvre l'extrémité postérieure de l'animal, et est purement membraneuse, sans trace de rayons. Cette observation prend un assez grand intérêt si l'on se rappelle qu'il y a eu dans l'époque éocène des Hippocampes munis d'une nageoire caudale, caractère qui a suffi à Agassiz pour les séparer génériquement de ceux des mers actuelles sous le nom de Ca-

lamostomes. Le *Calamostoma breviculum*, Ag., du Monte Bolca, porte une nageoire arrondie bien distincte.

M. Canestrini s'appuie sur ces faits embryologiques et paléontologiques pour établir la généalogie des genres vivants. Il arrive à cette conclusion que les *Nerophis sont descendus des Syngnathus et les Hippocampus des Calamostoma.* Laissons parler l'auteur :

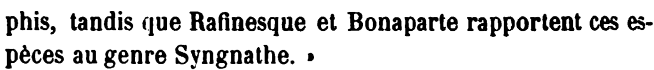
« Les Syngnathes en perdant les nageoires pectorales et la caudale ont donné naissance aux *Nerophis* qui conservent cependant encore durant la période embryonnaire et comme preuve de leur origine, ces mêmes nageoires que leurs ancêtres gardaient pendant toute leur vie. »

« Ces conclusions pourront sembler à quelques personnes trop prématurées, et l'on demandera, comme le font toujours les adversaires de ces idées, où sont les anneaux qui doivent rejoindre ensemble les deux troncs, ou bien lequel, du genre Syngnathe ou du genre Nerophis, est la forme dérivée. »

« Je me trouve heureusement dans le cas de pouvoir répondre à cette question, parce que, entre les Syngnathes munis d'une caudale bien développée et les Nerophis tout à fait dépourvus de caudale, il existe d'autres Nerophis qui possèdent à l'état adulte une caudale rudimentaire, et constituent comme un passage entre les formes extrêmes. A l'appui de cette assertion je puis mentionner les *Nerophis anguinea, N. Heckeli et N. æquorea* qui ont toutes une caudale rudimentaire. »

« On peut dire en toute sûreté que le genre Nerophis est un genre en voie de formation. Quand la caudale, déjà tout au plus rudimentaire, sera entièrement atrophiée chez toutes les espèces, et ne se présentera plus même dans les embryons, alors nous pourrons affirmer que le genre Nerophis est bon, parce qu'il sera bien distinct du genre Syngnathus. Aujourd'hui nous ne pouvons pas encore tout à fait dire cela, à preuve les incertitudes qui règnent dans la classification de certaines espèces ; ainsi, par exemple, Kaup place les Nerophis à caudale rudimentaire dans le genre Nero-





phis, tandis que Rafinesque et Bonaparte rapportent ces espèces au genre Syngnathe. »

« De la même manière les Calamostomes tertiaires en perdant la nageoire caudale ont donné naissance aux Hippocampes de la nature actuelle, qui ne présentent plus la nageoire caudale que pendant l'état embryonnaire. »

« Il est extrêmement probable que la nageoire caudale, avant de disparaître chez les adultes, passe par l'état rudimentaire, comme c'est le cas chez les espèces de Nerophis citées plus haut. L'on ne connaît encore aucun Hippocampe présentant ce degré de conformation, mais l'on peut nourrir l'espoir d'en découvrir, soit dans les mers actuelles, soit dans les terrains post-éocènes, qui possèdent à l'état adulte une caudale rudimentaire. »

« Chez les poissons la nageoire caudale est un organe puissant de locomotion. L'Hippocampe fait exception à cet égard, en ce qu'il effectue ses mouvements principalement au moyen de la dorsale. Une caudale lui est presque inutile, et si cette nageoire existait chez les Calamostomes, c'était peut-être parce qu'elle avait été héritée d'autres poissons. Elle a subi chez les Hippocampes les effets de cette loi qui condamne les organes inutiles à devenir d'abord rudimentaires, puis à s'atrophier chez les adultes, et enfin à disparaître même chez les embryons. Les Hippocampes de la nature actuelle se trouvent précisément dans la seconde de ces trois phases. »

Le travail de M. Canestrini se termine par un catalogue descriptif et raisonné des Lophobranches de l'Adriatique comprenant 12 espèces réparties dans 4 genres: ***Hippocampus***, 2 espèces; *Siphonostomus*, 2 espèces; ***Syngnathus***, 6 espèces, dont une nouvelle, *S. tænionotus;* ***Nerophis***, 2 espèces. L'auteur rectifie de nombreuses erreurs de synonymie commises par divers auteurs, en particulier par Bonaparte, dont les 28 espèces de Lophobranches devraient être réduites à 19

A. H.

Félix Plateau. Recherches physico-chimiques sur les articulés aquatiques [1]. Première partie. (Extrait par l'auteur.)

Cette première partie comprend l'étude des phénomènes que présentent les articulés aquatiques, insectes, arachnides, crustacés, placés dans des liquides dont la composition saline n'est pas celle des eaux où ils vivent habituellement.

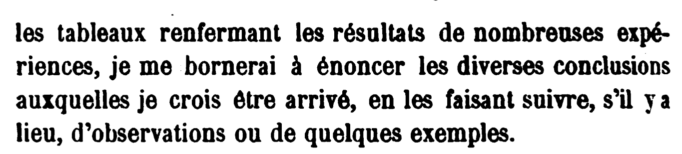
J'ai laissé de côté, dans le travail actuel, les eaux minérales proprement dites; leurs compositions extrêmement variées auraient nécessité un nombre considérable d'expériences dont les résultats eussent offert peu d'utilité.

L'influence de l'eau de mer ou de l'eau salée sur les articulés habitant ordinairement l'eau douce, et celle de l'eau douce sur les articulés marins, présentaient, au contraire, un véritable intérêt scientifique. On connaît depuis longtemps plusieurs espèces de poissons qui peuvent vivre indifféremment dans les deux liquides, et l'on sait aussi qu'il existe des crustacés et des coléoptères hydrocanthares jouissant de la même propriété. Mais, à côté de quelques exceptions, quelle quantité énorme d'espèces aquatiques qui recherchent toujours les mêmes eaux, les mêmes conditions, et pour lesquelles la moindre modification paraît nuisible! Pourquoi les larves carnassières d'eau douce répugneraient-elles à échanger leur ordinaire contre des *Mysis*, des *Slabberina*, des *Cetochilus* ou même de jeunes poissons marins? quelle est la cause qui empêche beaucoup de crustacés marins de remonter les rivières à la faveur des marées et de venir s'installer dans des eaux riches en proies vivantes et où, par leur force et la dureté de leurs téguments, ils régneraient bientôt en maîtres?

La nature même des recherches expérimentales auxquelles ces réflexions m'ont conduit, rend un exposé sommaire fort difficile. Dans l'impossibilité de reproduire ici

[1] Mémoires de l'Académie royale de Belgique (savants et étrangers), tome XXXVI, 1870.





les tableaux renfermant les résultats de nombreuses expériences, je me bornerai à énoncer les diverses conclusions auxquelles je crois être arrivé, en les faisant suivre, s'il y a lieu, d'observations ou de quelques exemples.

Articulés d'eau douce.

1° L'eau de mer n'a qu'une influence très-faible ou nulle sur les coléoptères et les hémiptères aquatiques à l'état parfait; cette influence peut être un peu plus grande pour les larves.

2° L'eau de mer produit des effets nuisibles sur les articulés d'eau douce à peau mince ou à branchies, et ces effets sont, en général, d'autant plus marqués que l'étendue de la surface mince est plus considérable.

Ainsi, des larves d'Agrions paraissent vivre indéfiniment dans l'eau de mer, tandis que celles de Cloe y meurent, en moyenne, au bout de 2 h. 3 m. Parmi les crustacés, le *Gammarus Ræselii* et l'*Asellus aquaticus* résistent plusieurs heures; les Cladocères, Ostracodes et Copépodes périssent, au contraire, en quelques minutes. Un tableau spécial fait ressortir l'influence de l'épaisseur des téguments de l'absence ou de la présence des branchies

3° Les articulés aquatiques d'eau douce qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer, sont ceux chez lesquels il n'y a pas d'absorption de sel par la peau; ceux qui y meurent au bout d'un temps relativement court, ont absorbé des chlorures de sodium et de magnésium.

Les essais directs que j'ai pu faire sur les articulés aquatiques ont eu pour point de départ, une expérience très-importante de M. Claude Bernard, rappelée et développée récemment par M. H. Emery. M. Emery met une grenouille dans de l'eau contenant environ 25 pour 100 de sel marin. La grenouille s'agite d'abord beaucoup; au bout de trois à cinq minutes, elle devient insensible et immobile, alors on la lave avec soin et on la place dans de l'eau distillée pure; l'animal y reprend bientôt son activité, et l'on constate que

l'eau distillée précipite abondamment par l'azotate d'argent.

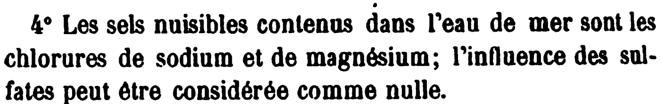
Je transcris simplement la description d'une seule de mes expériences pour faire saisir nettement comment j'ai opéré dans toutes celles se rapportant à l'absorption par la peau ou à l'excrétion des sels de l'eau de mer. Après avoir constaté que l'eau distillée dont j'allais me servir ne donnait aucun précipité par l'azotate d'argent, et après avoir soigneusement lavé, avec de cette même eau, les tubes de verre nécessaires à mes expériences, j'ai placé neuf individus d'*Asellus aquaticus* dans une solution de sel marin contenant, en poids, 6,92 de sel, et 96,954 d'eau; c'est-à-dire une quantité de sel exactement double de celle que renferme l'eau de mer.

Les Aselles restent dans cette solution pendant 87 minutes; au bout de ce temps, ils manifestent du malaise; on les ôte, on les pose un instant sur du papier absorbant, puis on les lave, à cinq reprises différentes, avec de l'eau distillée, jusqu'à ce que la dernière eau de lavage donne, à peine, avec l'azotate d'argent, un trouble perceptible.

Les neuf articulés sont mis une sixième fois dans de l'eau distillée pure (10 cent. cubes), pendant deux heures. Ce temps écoulé, ils ont repris toute leur vivacité, et l'eau dans laquelle ils ont séjourné donne franchement, par l'azotate d'argent, un *précipité* de chlorure soluble dans l'ammoniaque.

J'ai varié les conditions de ces expériences, en employant tantôt de l'eau contenant moins de chlorure de sodium que l'eau de mer, tantôt de l'eau de mer pure, et toujours je suis arrivé à des résultats du même ordre. Ceux-ci me semblent mettre hors de doute que certains articulés aquatiques absorbent du chlorure de sodium par la surface du corps; mais il fallait encore montrer que tous les arthropodes d'eau douce ne sont pas dans ce cas, et que ceux chez lesquels l'absorption fait défaut, sont précisément ceux qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer. Or, les expériences faites sur les coléoptères, hémiptères, larves d'agrions, etc., n'ont fait constater aucune excrétion et, partant, aucune absorption de chlorure de sodium.





4° Les sels nuisibles contenus dans l'eau de mer sont les chlorures de sodium et de magnésium; l'influence des sulfates peut être considérée comme nulle.

Je suis arrivé à cette conclusion en étudiant successivement l'action de solutions de chlorure de sodium, de chlorure de magnésium et de sulfate de magnésium, dans des proportions telles que, pour chacune de ces solutions, le poids du sel unique employé fût égal à la somme des poids de tous les sels contenus dans l'eau de mer. Les essais n'ont été tentés que sur des espèces chez lesquelles la présence d'une peau mince ou des branchies faisait présumer une grande absorption.

L'action du chlorure de sodium s'est montrée tantôt analogue à celle de l'eau de mer pure, tantôt plus énergique. Celle du chlorure de magnésium est, ou de même nature que celle du chlorure de sodium, ou plus faible, suivant les espèces; ce sel doit donc être rangé après le précédent au point de vue de ses effets nuisibles. La solution de sulfate de magnésium ne produit rien ou n'amène la mort qu'après un temps très-long.

J'ai pu constater aussi, en opérant par le procédé indiqué au 3°, que les larves d'insectes et les crustacés d'eau douce essayés n'absorbent que fort peu de chlorure de magnésium, ce qui explique la lenteur d'action de ce sel dans beaucoup de cas, et n'absorbent généralement aucune trace de sulfate.

5° La différence de densité qui existe entre l'eau douce et l'eau de mer n'explique pas la mort des articulés d'eau douce dans le second cas de ces liquides.

Reprenant des expériences que j'avais indiquées dans un travail antérieur, j'ai soumis des articulés, sur lesquels j'avais constaté l'action nuisible de l'eau de mer, à une solution de sucre de canne dans l'eau, amenée exactement, à l'aide de l'aréomètre de Fahrenheit, à la densité de l'Océan. Sur onze espèces, huit ont vécu impunément dans l'eau sucrée; pour les autres l'action a été beaucoup plus lente que celle de l'eau de mer et des chlorures.

6° Lorsque les articulés d'eau douce passent par une transition très-lente, de l'eau douce dans l'eau de mer, et que durant cette transition, il y a eu reproduction, la nouvelle génération résiste plus longtemps à l'action de l'eau de mer que les individus ordinaires de l'espèce.

L'exposé de cette expérience tiendrait ici plus d'espace qu'il ne convient pour un simple extrait; je prendrai donc la liberté, en ce qui concerne les détails, de renvoyer le lecteur à mon mémoire.

J'ai modifié lentement l'eau douce dans laquelle vivaient un grand nombre d'*Asellus aquaticus*, de façon à transformer, dans l'espace de deux mois, ce liquide en eau de mer naturelle, en prenant toutes les précautions nécessaires pour maintenir l'eau fraîche et pour pourvoir les crustacés de nourriture. Pendant ces deux mois (du 21 janvier au 16 mars) les aselles se sont reproduits.

L'expérience a eu pour résultat, non une modification des individus primitifs, puisque ceux-ci sont morts successivement et qu'il n'en restait plus au 3 mars, mais une modification de leurs descendants qui en a presque fait une variété nouvelle quant à l'aptitude à vivre dans l'eau de mer. En effet, dans les conditions ordinaires, les aselles ne résistent, au maximum, que 5 h. 15 m. à l'action de l'eau de mer, et les jeunes meurent plus vite dans ce liquide que les adultes; tandis que sept des individus nés pendant l'expérience que je décris, ont vécu dans l'eau de mer pure *cent huit heures*.

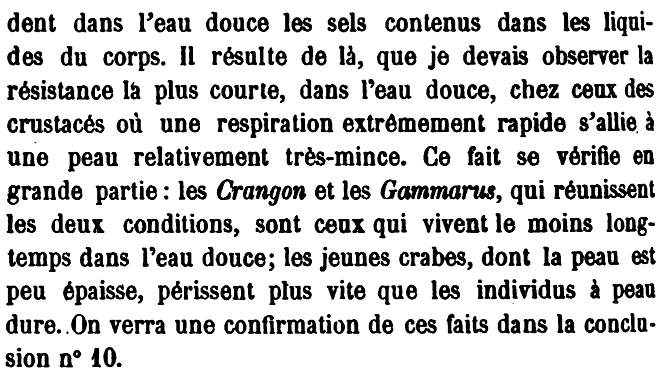
Crustacés marins.

7° Les crustacés les plus communs du littoral belge meurent dans l'eau douce après un temps variable pour chaque espèce, mais qui ne dépasse pas 9 heures.

8° Les crustacés marins, plongés dans l'eau douce, abandonnent à celle-ci les sels (chlorure de sodium surtout) dont étaient imprégnés leurs tissus.

Si les articulés d'eau douce plongés dans l'eau de mer absorbent certains sels de celle-ci, les articulés marins per-





dent dans l'eau douce les sels contenus dans les liquides du corps. Il résulte de là, que je devais observer la résistance la plus courte, dans l'eau douce, chez ceux des crustacés où une respiration extrêmement rapide s'allie à une peau relativement très-mince. Ce fait se vérifie en grande partie : les *Crangon* et les *Gammarus*, qui réunissent les deux conditions, sont ceux qui vivent le moins longtemps dans l'eau douce; les jeunes crabes, dont la peau est peu épaisse, périssent plus vite que les individus à peau dure. On verra une confirmation de ces faits dans la conclusion n° 10.

9° Dans le plus grand nombre des cas, la présence du chlorure de sodium fait partie des conditions d'existence indispensables aux crustacés marins. Ce sel paraît être le seul nécessaire.

Les expériences ont consisté dans l'emploi de solutions salines, ayant la composition de celles indiquées au 4°.

10° Les individus de petite taille et ceux qui, venant de muer, ont les téguments minces, résistent moins que les autres à l'influence des liquides à composition exceptionnelle.

11° La différence entre les densités de l'eau de mer et de l'eau douce ne peut être considérée comme la cause de la mort des crustacés marins dans l'eau douce.

12° (Applicable aux deux groupes). L'endosmose permet d'expliquer l'absorption des sels par la peau mince ou les surfaces branchiales des articulés d'eau douce plongés dans l'eau de mer. La diffusion et la dialyse s'opérant avec plus d'énergie pour les chlorures de sodium et de magnésium que pour le sulfate de magnésium, montrent en vertu de quelle cause les chlorures seuls de l'eau de mer sont absorbés. Enfin, la dialyse explique comment les crustacés marins placés dans l'eau douce perdent, au sein de ce liquide, les sels dont ils sont imprégnés.

MÉMOIRE

SUR

LA COMPRESSIBILITÉ ET LA DILATATION DES GAZ

PAR M. E.-H. AMAGAT.

Dans un précédent mémoire sur la dilatation des gaz, j'ai comparé depuis 0° jusqu'à 250° les dilatations de l'acide sulfureux, de l'acide carbonique et de l'air, en considérant constamment des masses de ces trois gaz qui à 0° occuperaient le même volume, et j'ai représenté par des courbes les résultats de mes recherches. La forme de ces courbes m'a conduit à émettre cette hypothèse que les coefficients des différents gaz, au lieu de tendre vers une limite commune, tendaient peut-être vers des limites différentes, mais qu'il faudrait, pour trancher la question, pousser les expériences plus loin.

Depuis lors j'ai repris cette étude et j'ai pensé qu'on pourrait peut-être éclaircir la question en faisant intervenir les écarts de la loi de Mariotte.

Il résulte en effet de l'idée qu'on se fait d'un gaz parfait, que, quand un gaz suit la loi de Mariotte, il doit posséder alors le coefficient de la dilatation limite qui lui est propre, ou tout au moins s'en écarter fort peu.

J'ai donc ainsi été conduit à chercher l'écart de la loi de Mariotte des gaz dont j'ai déjà étudié la dilatation jusqu'à 250°, limite de mes expériences sur la dilatation. Si en effet, à cette température, l'acide sulfureux par exemple suit régulièrement la loi de Mariotte, il y aura lieu de croire que le coefficient qu'il possède alors est son coeffi-



cient limite, dans le cas contraire la question est indécise comme avant.

Or, dans les résultats que j'ai déjà publiés, le coefficient de dilatation dont j'ai donné la valeur pour l'acide sulfureux, depuis 0° jusqu'à 250°, est pris dans un sens légèrement détourné de son sens véritable. Les nombres que j'ai donnés ne représentent en effet que le rapport des variations de volume subies entre les mêmes limites de température par des masses de gaz qui à 0° occupent le même volume. Ainsi, si nous prenons des volumes égaux d'air et d'acide sulfureux à 0°, ces volumes ne seront plus égaux à 225° par exemple; si donc entre 225 et 250° le rapport des dilatations des mêmes masses est $\frac{3748}{3670}$ comme je l'ai trouvé, le rapport des coefficients de dilatation entre ces mêmes températures sera plus petit parce que ici le volume d'acide sulfureux à 225° est un peu plus grand que celui de l'air. Il faudrait donc, pour avoir le rapport des vrais coefficients de dilatation, faire une correction; comme cette correction n'est que la dilatation d'une différence de volume très-petite, j'ai pensé qu'elle ne changerait pas beaucoup la forme des courbes, et comme du reste je ne pensais pas pouvoir résoudre la question sans de nouvelles expériences, je ne l'ai pas faite; j'ai simplement divisé la différence de dilatation de 225° à 250° par le nombre de degrés, comme je l'ai indiqué du reste dans mon mémoire.

Mais après avoir exécuté les expériences qui font l'objet du présent travail, j'ai fait cette correction, et je me suis aperçu que les résultats se trouvaient beaucoup plus modifiés que je ne l'aurais cru; comme d'un autre côté j'ai trouvé qu'à 250° l'acide sulfureux s'écarte encore légèrement de la loi de Mariotte et que son coefficient peut

par conséquent être encore sensiblement éloigné de sa limite, j'en ai conclu que l'hypothèse que j'avais indiquée, et qui du reste n'a rien de contradictoire avec les données scientifiques actuelles, ne se trouvait pas justifiée.

Du reste les résultats que j'ai donnés sont exacts ainsi que les courbes qui les représentent, il faudra seulement y attacher le sens que j'ai précisé plus haut.

J'ai supposé dans ce que je viens de dire que les masses de gaz, sur lesquelles j'opérais, occupaient le même volume à 0°, cela est vrai pour l'acide carbonique, mais pour l'acide sulfureux c'est de 10° que partent mes expériences.

Je reviendrai du reste sur ce sujet à la fin de ce mémoire; je vais exposer d'abord mes nouvelles expériences et les résultats auxquels elles m'ont conduit.

L'appareil que j'ai employé est représenté en coupe (Pl. II, fig. 1). PP est une chaudière cylindrique en cuivre, remplie d'huile; elle est portée par une colonne en fer le long de laquelle on peut la faire glisser et la fixer à telle hauteur que l'on veut en serrant la vis K. Le gaz à comprimer est introduit dans un appareil à boules BB′ gradué et jaugé. Cet appareil se termine à sa partie supérieure par une tige thermométrique à l'extrémité de laquelle est mastiqué un robinet d'acier R, et à sa partie inférieure par une autre tige (*ccc*) qui se recourbe trois fois sur elle même et dont l'extrémité est mastiquée dans une tubulure d'une pièce en fer S. Un tube AAA d'un diamètre plus grand est mastiqué dans une seconde tubulure de la même pièce en fer, qui est percée dans sa longueur, de sorte que les deux tubes (*c c*), AA peuvent communiquer; cependant un robinet à trois voies R′ placé directement sous le grand tube peut interrompre cette communication.



Sur l'orifice O est vissée une pièce en fer que je n'ai pas dessinée et qui porte une pompe à mercure et un robinet destiné à laisser écouler le mercure qu'on va introduire dans l'appareil. Le robinet R est mis en communication par l'intermédiaire d'un petit tube à ponce sulfurique avec un T en cuivre terminé par deux robinets HH'. Le robinet H communique avec la source de gaz ou avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'appareils dessicateurs, le robinet R' communique avec une machine pneumatique.

Il faut d'abord dessécher l'appareil. Pour cela tournons le robinet R' de manière à interrompre la communication entre les boules BB' et le reste de l'appareil, ouvrons le R et fermons H, puis faisons le vide. Maintenant fermons H' et ouvrons H, l'air sec se précipite dans l'appareil; recommençons une trentaine de fois cette opération, l'appareil est desséché; les autres pièces ont été desséchées à part.

L'introduction du gaz à étudier se fera ensuite par une opération analogue à celle que je viens de décrire.

Supposons donc l'appareil séché et chargé de gaz sec et pur. Maintenant introduisons du mercure dans l'appareil. Le tube recourbé *cc* fonctionnant comme un siphon, on fera arriver le niveau du mercure dans ce tube jusqu'à un trait *m* et dans le grand tube jusqu'à la hauteur correspondante; fermons maintenant le robinet R' de manière à empêcher le mercure qui est dans le tube *cc* de pouvoir rentrer dans le reste de l'appareil, puis chauffons le bain d'huile jusqu'à la température à laquelle nous voulons opérer; quand celle-ci est devenue parfaitement stationnaire, fermons le robinet R après avoir mis pendant quelque temps l'appareil en communication avec l'atmosphère en supprimant la source de gaz, nous avons ainsi

renfermé un volume connu de gaz, à température et sous pression connues.

Maintenant faisons arriver du mercure dans l'appareil, au moyen de la pompe, après avoir de nouveau tourné le robinet R de manière à ce que les deux tubes AA'*cc* communiquent, le gaz va se comprimer, et le mercure montera dans le tube AA; quand il y sera arrivé à une hauteur qu'on détermine d'avance et pour laquelle on sait que le volume du gaz est à très-peu près réduit à moitié, il faut ramener la température qui a pu varier de quelques dixièmes à ce qu'elle était dans la première phase de l'expérience; c'est la partie la plus délicate de l'expérience, parce que c'est là qu'est la plus grande cause d'erreur. Quand cette condition est remplie et la température de nouveau stationnaire, on ferme de nouveau le robinet R' comme il l'était avant, et on lit la pression au baromètre. Alors un aide, desserrant la vis K, descend la chaudière jusqu'à ce que le niveau de mercure en *n* arrive un peu au-dessus du niveau de l'huile; pendant ce temps l'observateur suit le mouvement dans la lunette d'un cathétomètre et dès qu'il aperçoit suffisamment le ménisque au-dessus des bords de la chaudière, il fait arrêter le mouvement et serrer la vis K. Il lit rapidement le volume du gaz comprimé en même temps qu'il amène le fil du cathétomètre sur le menisque, il ne reste plus ensuite qu'à viser le menisque dans la grande branche A pour avoir les différences de hauteur. Des thermomètres donnent les températures des différentes parties de l'appareil; nous avons maintenant toutes les données nécessaires pour faire le calcul de l'expérience.

Cependant il est facile de voir qu'il est extrêmement difficile et même presque impossible de faire exactement



les corrections relatives aux températures des colonnes de mercure; de plus, si on essaie d'en faire le calcul quand la température du bain d'huile est élevée, il arrive que cette correction atteint des proportions très-considérables, l'erreur qu'on pourra commettre devient alors assez grande pour qu'il en résulte des écarts aussi grands que ceux qu'on cherche et même plus. Pour tourner la difficulté, j'avais d'abord songé à construire un appareil double dans lequel j'étudierais la compressibilité des gaz par rapport à celle de l'air, parce qu'alors les erreurs dues aux corrections affectant les deux gaz se compenseraient; mais j'ai été arrêté par la complication et la fragilité de l'appareil.

Cependant ayant remarqué qu'après un certain temps les différentes parties de l'appareil arrivent à des températures stationnaires toujours les mêmes pour une même température du bain d'huile, j'ai pensé qu'au lieu d'opérer à la fois sur les deux gaz, je pouvais opérer successivement sur chacun d'eux dans des conditions identiques, et je suis arrivé de cette manière à des résultats suffisamment concordants; seulement les écarts ainsi trouvés ne sont que les différences entre les écarts des gaz étudiés et ceux de l'air aux mêmes températures.

J'ai étudié l'air, l'acide carbonique et l'acide sulfureux depuis la température ambiante jusqu'à 250°; j'ai pu vérifier ainsi les résultats que j'ai trouvés il y a deux ans dans un travail sur le même sujet, dans lequel je m'étais arrêté à la température de 100°.

Voici le tableau résumant mes expériences sur l'acide carbonique et l'acide sulfureux.

On remarquera que les chiffres relatifs aux températures supérieures à 100° supposent l'écart de l'air nul; supposition fondée, puisque j'ai fait voir qu'à 100° l'air suit déjà la loi de Mariotte :

Acide sulfureux.		Acide carbonique.	
à 15°	0,0185	à 8°	0,0065
à 50°	0,0110	à 50°	0,0036
à 100°	0,0054	à 100°	0,0023
à 150°	0,0032	à 150°	0,0014
à 200°	0,0021	à 200°	0,0008
à 250°	0,0016	à 250°	0,0006

Revenons maintenant à la question des coefficients de dilatation. Voici d'abord le tableau des coefficients de dilatation, toute correction faite. On voit que la différence introduite par cette correction est telle que, si je l'avais d'abord faite, je n'aurais probablement pas songé à l'hypothèse que j'ai émise.

Acide sulfureux.		Acide carbonique.	
entre 10° et 50°	0,003920	à 0°	0,003724
à 100°	0,003757	à 50°	0,003704
à 150°	0,003718	à 100°	0,003695
à 200°	0,003695	à 150°	0,00369
à 250°	0,003685	à 200°	0,003687
		à 250°	0,003682

Si nous remarquons maintenant qu'à 250° le coefficient de l'acide sulfureux ne diffère de celui de l'air que d'une quantité assez faible, et que d'un autre côté l'écart de la loi de Mariotte à cette température, quoique très-faible, semble indiquer cependant que le coefficient de dilatation n'a pas encore atteint sa limite complétement, nous verrons que ce coefficient tend bien réellement vers celui de l'air ou tout au moins vers une limite qui en est tellement rapprochée qu'elle est insaisissable à l'observation dans l'état actuel de l'art expérimental.

Je ferai maintenant une remarque relative aux écarts de la loi de Mariotte. Ces écarts, tels qu'on les a calculés jusqu'à présent, ne sont que des écarts moyens entre les pressions initiales et finales; de même que par exemple le nombre 0,00390 représente la dilatation moyenne de l'a-



cide sulfureux entre 0° et 100°, mais ne convient point pour les températures extrêmes, de même le nombre 0,018, écart de l'acide sulfureux entre une et deux atmosphères à la température ordinaire, ne convient ni pour une ni pour deux atmosphères ; il est même certain que la plus grande partie de cet écart est due aux dernières portions de la compression dans lesquelles le gaz se rapproche beaucoup de son point de liquéfaction.

Il n'en est pas de même des coefficients de dilatation tels que je les ai déterminés de degrés en degrés par des courbes ; ces nombres caractérisent la dilatation du gaz à un degré déterminé sous une pression déterminée ; ce sont les valeurs du rapport $\frac{dt}{dr}$ à cette température et sous cette pression. On peut conclure de là que le nombre 0,002 représentant l'écart de l'acide sulfureux à 50° est un peu plus fort que celui qu'on obtiendrait si pendant toute la compression le gaz restait dans les mêmes conditions de perfection, de telle sorte qu'on peut considérer l'acide sulfureux comme ayant presque atteint à 250° l'état parfait ; il en est de même et à plus forte raison pour l'acide carbonique.

J'ai représenté par des courbes les résultats de mes expériences sur la compression des gaz acides sulfureux et carbonique.

Ces deux courbes sont réunies dans la figure 2.

Les ordonnées représentent les valeurs des écarts, les unités décimales du quatrième ordre étant représentées par des millimètres. Les abscisses correspondantes indiquent les températures.

Ces deux courbes résument les résultats que j'ai trouvés il y a deux ans, et ceux du travail que je viens d'exposer.

Fribourg, 18 juin 1871.

DE LA

DÉTERMINATION DE LA DILATATION ABSOLUE

ET

SPÉCIALEMENT DE CELLE DU BARREAU NORMAL

DU BUREAU FÉDÉRAL DES POIDS ET MESURES

Par M. H. WILD.

Je suis très-satisfait que mes observations sur le mémoire de MM. Plantamour et Hirsch, intitulé: *Note sur la détermination du coefficient de dilatation d'un barreau d'argent* [1], aient fourni à ses auteurs l'occasion de publier quelques explications plus détaillées sur certaines données contenues dans l'introduction de ce mémoire et relatives à la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium du Bureau fédéral des poids et mesures. Je demande la permission, dans l'intérêt de la science, d'exposer à mon tour ma manière de voir et d'indiquer les conclusions que je crois devoir tirer de ces résultats, en les mettant en relation avec les miens. Il est à regretter, toutefois, que les données relatives aux déterminations effectuées par MM. Paalzow, Frœlich et Plantamour n'aient pas été communiquées avec autant de détails que je l'ai fait pour les miennes dans le § 15 de mon « Rapport sur les travaux relatifs à la réforme des étalons des mesures suisses. »

Pour mettre le lecteur mieux à même de s'orienter, et pour pouvoir m'exprimer plus brièvement dans

[1] Voyez *Archives*, 1871, tome XL, page 5.



le cours de ce travail, je crois qu'il ne sera pas inutile d'exposer d'abord les principes et les considérations qui m'ont guidé dans le choix des dispositions et de la méthode de mesure auxquelles j'ai eu recours pour la détermination de la dilatation absolue au Bureau des poids et mesures à Berne, et qui à cette époque avaient été approuvées par la commission. Je reconnais maintenant qu'il aurait mieux valu consigner ces principes et ces considérations dans mon Rapport; mais alors pressé par les préparatifs de mon départ pour Saint-Pétersbourg, je dus, en le rédigeant, me borner à ce qu'il y avait de plus essentiel, et je ne pus pas même en corriger moi-même les épreuves.

Si l'on détermine le coefficient linéaire de dilatation n d'un barreau en mesurant pour une partie de ce barreau de la longueur N_0 à 0°, l'allongement D qu'il subit par une élévation de Δ degrés de sa température, on calcule la valeur de n d'après la formule :

$$n = \frac{D}{N_0 \Delta}$$

En représentant par $\pm\, dn$ la limite d'erreur que l'on veut atteindre dans la détermination du coefficient de dilatation, et par dN_0, dD et $d\Delta$ les erreurs correspondantes dans l'évaluation de la quantité N_0 et dans l'observation de D et de Δ, la différentiation de la formule ci-dessus, par rapport à ces variables, donne les équations:

$$dD = \pm\, dn\, N_0 \Delta,$$

$$dN_0 = \pm\, dn \frac{N_0^2 \Delta}{D},$$

$$d\Delta = \pm\, dn \frac{N_0 \Delta^2}{D},$$

d'où il résulte d'abord que, toutes autres circonstances restant les mêmes, nous déterminons avec d'autant plus de précision le coefficient de dilatation d'un barreau qu'il existe un plus grand écart entre les températures, pour lesquelles on mesure son allongement par dilatation. Dans la plupart des déterminations de la dilatation des métaux on a choisi un écart de température de 100°. Nous avions cru cependant, pour plusieurs raisons, devoir rejeter des écarts de température aussi considérables. En effet, les expériences que l'on a faites dans la détermination du point d'ébullition des thermomètres très-sensibles, démontrent que des corps solides chauffés à 100° ne reviennent plus, ou du moins ne reviennent qu'après un long espace de temps, à leurs dimensions primitives. De plus, il résulte des expériences de *Dulong* et *Petit* que c'est seulement pour de faibles écarts de température que la dilatation des métaux peut être considérée comme une fonction linéaire de la température, ainsi que notre formule le suppose. En général, la dilatation doit être représentée par la formule :

$$Nt = N_o (1 + n_1 t + n_2 t^2),$$

dans laquelle les coefficients n^1 et n^2 ont, par exemple, d'après Dulong et Petit les valeurs suivantes :

	n_1	n_2
Pour le platine...	0,000 008 6711	0,000 000 001 705
» fer......	0,000 010 3895	0,000 000 014 315
» cuivre...	0,000 016 3565	0,000 000 008 255

De là, il résulte pour les coefficients linéaires moyens de dilatation :

	Entre 0° et 30°.	Entre 0° et 100°.	Différence.
Pour le platine..	0,000 008 722	0,000 008 842	0,000 000 120
» fer.......	0,000 010 819	0,000 011 821	0,000 001 002
» cuivre...	0,000 016 381	0,000 017 182	0,000 000 801

Comme les différences de ces deux espèces de coefficients de dilatation nous ont paru trop considérables pour le but que nous voulions atteindre et qu'il n'y avait aucune raison de les supposer plus faibles dans notre barreau en bronze d'aluminium, comme de plus ce barreau ne devait être employé que pour des écarts de température de 5° à 25° C., je résolus de me borner à déterminer le coefficient de dilatation entre les limites approximatives de 0° et 30°.

Lors de mes expériences pour la détermination de la dilatation absolue du barreau en bronze d'aluminium la température la plus basse a été en moyenne de 2° et la plus élevée de 24°, ainsi on avait :

$$\Delta = 22°;$$

de plus pour la longueur de:

$$N_0 = 1000^{mm}$$

on obtenait en chiffres ronds:

$$D = 0^{mm},345$$

Comme lorsqu'on s'est servi de ce barreau normal pour des comparaisons de mesures, les températures de 5° et de 25° n'ont pas été dépassées, l'écart de température de $\pm$ 10° (de l'un et de l'autre côté de la température moyenne de 15° C.), lequel correspond à ces limites, ne comporte pas une erreur dépassant la limite d'exactitude de $\pm$ 0^{mm}, 0001, qui était demandé pour nos mesures, si dans la détermination du coefficient de dilatation l'erreur n'est pas plus grande que:

$$dn = \pm 0{,}000\,000\,01.$$

Introduisons dans nos formules cette dernière valeur,

ainsi que celles que nous avons établies plus haut, et nous aurons pour les limites d'exactitude à atteindre:

$$dN_0 = \pm 0^{mm},638$$
$$dD = \pm 0^{mm},00022$$
$$d\Delta = \pm 0^{\circ},014.$$

Comme la quantité N_0 était déjà connue avec beaucoup plus de précision et que l'appareil micrométrique donnait parfaitement une exactitude de $\pm$ $0^{mm},00022$ dans la détermination de l'allongement, — (en réalité même l'erreur a été moindre encore, comme on peut le voir dans les indications micrométriques consignées pages 88 et 89 de mon Rapport), — il n'y avait plus qu'à prendre les dispositions nécessaires pour arriver à une exactitude de $\pm 0^{\circ},014$ dans l'évaluation de la différence des températures du barreau. D'après les principes posés dès l'abord pour nos mesures, les barreaux ne devaient pas être directement mis en contact avec des liquides. Donc pour que les thermomètres exposés à l'air à côté des barreaux indiquassent réellement la température de ceux-ci avec l'exactitude indiquée, il fallait que les variations de température fussent très-lentes. Cette condition pouvait être obtenue facilement pour le comparateur ordinaire au moyen d'une masse d'eau peu considérable entourant l'auge dans laquelle se trouvaient les barreaux et les thermomètres, parce que la température de toute la chambre était constamment réglée d'après celle des barreaux. Mais tandis que MM. Plantamour et Hirsch ont cru devoir recourir aussi à cet expédient pour la détermination de la dilatation absolue au moyen de l'appareil établi dans la cave, j'ai toujours cherché lors de ces expériences, — et cela pour des raisons qui seront exposées en détail plus loin, — à maintenir la température de l'espace ambiant



aussi constante que possible. Comme dans ces conditions la température du barreau s'écartait considérablement de celle du local, j'ai dû, pour atteindre une constance suffisante de la température, employer une quantité d'eau beaucoup plus considérable et une auge en métal aussi étroite que possible pour y placer le barreau et le thermomètre. Par ces raisons, on a donné à cette partie de l'appareil la disposition que j'ai décrite p. 64 et 65 de mon Rapport et qui est représentée dans la Planche II, figure 1, qui l'accompagne. L'auge extérieure contenait 420 litres d'eau [1]. Quoique cela se comprenne de soi-même, je crois utile d'ajouter que dans ces expériences la boule du thermomètre était, comme je l'ai dit une fois pour toutes (pages 62 et 63 de mon Rapport) à propos de l'arrangement des thermomètres à côté des barreaux, entourée d'un tube de laiton fermé à son extrémité extérieure, et qu'elle n'était pas *nue et sans protection* comme MM. Plantamour et Hirsch le disent à tort, page 14 de leur réponse. Ils sont aussi dans l'erreur au sujet de la constance de la température dans mes expériences. On lit en effet, pages 13 et 14 de leur réponse : « Ainsi dans sa première détermination, le thermomètre placé à côté du barreau marquait 33°,5 à 8 heures du matin, immédiatement après avoir introduit l'eau chaude; il était descendu à 22° à 1 heure, au moment où il a commencé les mesures, et la température a encore baissé d'*un dixième de degré* pendant l'intervalle de temps employé à faire les lectures alternativement à chacun des microscopes; M. Wild n'indique pas la longueur de cet intervalle. » Je ne puis rapporter cette re-

[1] C'est par suite d'une erreur typographique que, p. 65, ligne 10 de mon Rapport, on lit 120 kilogrammes au lieu de 420.

marque qu'aux observations suivantes consignées au § 15, p. 88, de mon Rapport.

Thermomètre II à côté du barreau.	Lectures des micromètres.	
	G 500	D 500
	λ	ρ
21,97	9,716	6,598
21,96	9,721	6,605
21,94	9,723	6,602
21,93	9,727	6,601
21,92	9,733	6,610
21,91	9,731	6,602
21,90	9,735	6,608
21,90	9,741	6,605
21,89	9,743	6,605
21,88	9,746	6,607
21,87	—	—

Tout lecteur attentif, même s'il n'avait point connaissance de la méthode d'observation générale exposée dans le § 9 de mon rapport, ainsi que des observations consignées dans les §§ 10-14, doit voir immédiatement que, dans ces mesures, on a toujours observé d'abord le degré de température, que l'on a mis ensuite les deux fils des micromètres sur les traits 500^{mm} à gauche, et 500^{mm} à droite du barreau normal; puis, que l'on a noté les indications des micromètres, et ainsi de suite en observant de nouveau le thermomètre et en effectuant de nouvelles lectures des micromètres jusqu'à la fin de l'expérience. Chacune de ces lectures aux deux micromètres, avec la lecture du thermomètre qui les précède et les suit, représente ainsi une observation complète; pendant cet intervalle de temps, la température n'avait pas baissé de 0°,1, comme le disent MM. Plantamour et Hirsch, mais seulement de 0°,01, ainsi que le montre le tableau



ci-dessus. Comme je faisais seul les observations, et qu'après chaque lecture j'avais encore à régler les robinets du gaz (dont il sera question plus loin), chaque observation prenait à peu près trois minutes, de sorte que pour l'ensemble des observations j'ai employé environ une demi-heure. Puisque, à ce que disent MM. Plantamour et Hirsch, MM. Paalzow et Frœlich d'une part, MM. Paalzow et Plantamour d'autre part, ont procédé exactement d'après la même méthode et avec les mêmes précautions, je suis étonné que cette constance remarquable de la température, qui correspond d'ailleurs aux lois du refroidissement, ait pu leur échapper. Quant à moi, je crois pouvoir admettre maintenant encore qu'un thermomètre dont la boule est entourée d'une enveloppe de laiton, et dont la température ne baisse que de 0°,1 pendant l'espace d'une demi-heure et de 0°,01 d'une observation à l'autre, indique aussi avec une exactitude approximative de $\pm$ 0°,014 la température d'un barreau de métal placé dans son voisinage immédiat. Comme lors des autres mesures, la température a été plus constante encore, j'ai cru, d'après ce qui précède, pouvoir m'attendre à obtenir le coefficient de dilatation du barreau normal avec une exactitude de $\pm$ 0,000 000 01, et c'est ce qui a été le cas en effet, ainsi que le prouvent les deux séries d'expériences, tout à fait indépendantes l'une de l'autre, que j'ai faites le 29 mars et le 9 avril [1].

[1] En consultant le journal des observations du Bureau fédéral des poids et mesures, MM. Plantamour et Hirsch auraient pu voir que les relevés d'observations indiqués dans mon Rapport ne sont nullement les seuls que j'aie établis, mais que, sur l'ensemble, je me suis servi seulement de ceux où la température était restée la plus constante et qui, en conséquence, offraient une garantie suffisante pour l'indication exacte de la température donnée par le thermomètre. J'ai exclu les

Pour que le chiffre obtenu de cette manière représente véritablement le coefficient de dilatation du barreau, il faut bien entendre, — ce qui avait été passé sous silence jusqu'à présent, — que pendant la durée de l'expérience entière les deux microscopes conservent d'une manière absolue leur position au-dessus des deux extrémités du barreau.

Je ne crois pas que l'installation des microscopes, — telle qu'elle est décrite p. 64 et 65 de mon Rapport et représentée fig. 1 et 2 de la planche II qui l'accompagne, — sur des piliers de marbre massifs profondément enfoncés dans le sol de la cave et indépendants l'un de l'autre, puisse laisser quoi que ce soit à désirer sous le rapport de la solidité. Mais comme j'ai toujours pensé que les pierres et le sol se dilatent et se contractent aussi sous l'influence de la chaleur, et que des expériences faites avec des instruments astronomiques installés d'une manière analogue ont constaté indubitablement des influences de ce genre, j'ai toujours considéré la distance et la position des deux microscopes comme variables avec le temps et avec la température du local, malgré cette solidité. On était d'autant mieux autorisé à considérer la variabilité par rapport au temps et aux influences extérieures comme faible et même entièrement négligeable pour de courts espaces de temps, que la pose des piliers dans la cave, d'ailleurs profonde et exposée au nord, avait été exécutée plus de deux ans auparavant. En revanche, on pouvait

autres observations, parce que j'ai toujours maintenu qu'un nombre restreint d'observations faites dans des circonstances favorables vaut mieux qu'une grande quantité d'observations faites avec le même soin, mais dans des circonstances qui ne permettent pas d'obtenir l'exactitude voulue sur tous les points.



prévoir avec certitude que les changements de la température de la cave exerceraient une influence sensible sur la position des microscopes. Si la température de la cave monte, la couche supérieure du sol entre les deux systèmes de piliers s'échauffe également, et ceux-ci doivent s'incliner un peu en dehors; au contraire, si la température s'abaisse, les piliers doivent converger en dedans. En conséquence, dans le premier cas les axes des microscopes s'écarteront, et, dans le second cas, ils se rapprocheront. C'est pourquoi j'ai pris tant de soin, dans toutes les mesures nécessaires pour une détermination complète du coefficient de dilatation, de maintenir la température de la cave tout à fait constante. Cependant, malgré la constance approximative de la température de l'air dans la cave, des oscillations des microscopes peuvent se produire par suite de changements de température, si la chaleur rayonnante des lampes éclairantes n'est pas diminuée autant que possible et si l'appareil n'en est pas préservé. Les mesures de précaution que j'ai prises à cet effet ne sont pas indiquées dans mon Rapport et ne sont connues que de M. Baer, employé du Cabinet de physique de Berne, qui m'a secondé dans mes expériences. Dans ce but, non-seulement les microscopes ont été entourés d'écrans en carton jusqu'au haut des micromètres et les piliers protégés par des paravents en carton et en bois contre le rayonnement des lampes sur tous les côtés qui y étaient exposés, mais encore je ne donnais aux lampes toute leur clarté qu'au moment où je pointais avec les micromètres ou que je lisais le thermomètre, après quoi je baissais tout de suite la flamme. Comme, par conséquent, sur les cinq lampes servant aux observations, *une seule* restait haute, j'ai pu, malgré ces sources de chaleur, maintenir constante la température de la cave.

Jusqu'à quel point la distance des deux microscopes des micromètres a-t-elle été maintenue immuable, au moyen de ces mesures de précaution, pendant toute la durée d'une expérience complète, c'est ce que je ne pourrais établir, parce que, poussé par le gouvernement, en raison du but pratique à atteindre, à clore, provisoirement du moins, les travaux au Bureau des poids et mesures, j'ai dû remettre à plus tard des recherches plus précises sur ce sujet. Depuis lors, mon départ pour Saint-Pétersbourg m'a définitivement empêché d'y revenir, ainsi que de faire une foule d'autres expériences encore pour combler des lacunes qui existent dans mes travaux.

Cependant, je n'ai pu être que vivement satisfait de ce qu'une partie au moins de mes vues et de mes suppositions se soient trouvées pleinement confirmées par les expériences faites plus tard, au Bureau des poids et mesures, par M. Hermann, sur l'initiative de MM. Plantamour et Hirsch.

En effet, dans leur premier mémoire [1], ces derniers tirent des observations de M. Hermann la conclusion suivante : « Si, au contraire, la température du local et des piliers reste constante ou à peu près, le mouvement de ceux-ci est restreint à des limites qui, même pendant un intervalle de plusieurs jours, ne dépassent guère les erreurs d'observations [2]. »

[1] *Archives*, 1870, tome XXXVIII, p. 57.

[2] A la page 16 de leur réponse, MM. Plantamour et Hirsch tirent, au contraire, de tout autres conclusions des observations de M. Hermann. Tandis que, par une température constante de la cave, la position des piliers était, conformément à leur première conclusion, restée constante pendant plusieurs jours jusqu'à une limite de $\pm 0^{mm},0005$, ils prennent maintenant le maximum de changement observé le 3 mars depuis 9 heures du matin jusqu'à 5 heures du soir, pour élever la variabilité en général jusqu'à $\pm 0^{mm},002$.



Mais, malgré ces recherches, une question reste encore à résoudre, c'est-à-dire celle de savoir si, malgré la constance de la température du local et celle des thermomètres qui sont assujettis au moyen de ciment sur les piliers en pierre, la distance des microscopes n'est pas modifiée lorsque, dans l'espace d'environ cinq heures, la température de la masse d'eau dans la cuve placée entre les piliers est élevée ou abaissée d'environ 22°. Cette importante question n'a malheureusement pas été résolue jusqu'à présent par mes successeurs. Il est vrai que MM. Plantamour et Hirsch proposent, à la fin de leur réponse, une méthode de détermination de la dilatation absolue, qui n'est pas affectée de cette cause d'incertitude, et qui a des chances de réussir, puisqu'elle est exactement la même que celle qu'ont suivie MM. *Ibanez* et *Saavedra* pour étudier la dilatation des barreaux devant servir à la mesure d'un degré faite par la commission de la carte d'Espagne [1]. Je ne comprends pas pourquoi la nature du local, à Berne, ne se prêterait pas à l'emploi de cette méthode. Quoi qu'il en soit, et jusqu'à ce que, par des observations de ce genre, on ait recueilli des données exactes sur la question d'une modification possible de la distance des microscopes à des températures différentes des barreaux, la valeur absolue de ma détermination de la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium reste en effet entachée d'un manque de certitude absolue. Mais c'est aussi là, comme je vais le démontrer, le seul défaut qui pourrait ressortir jusqu'à présent des nouvelles expériences pour la détermination de la dilatation absolue du

[1] Expériences faites avec l'appareil à mesurer les bases appartenant à la commission de la carte d'Espagne. Traduit de l'espagnol par A. Laussedat. Paris, librairie militaire, J. Dumaine, 1860.

barreau normal, mentionnées dans la réponse de MM. Plantamour et Hirsch.

Le tableau ci-dessous donne le relevé des différentes observations :

Époque.	Observateurs.	Coefficient de dilatation.
1867, 29 mars,	Wild,	0,000 015 5770
et 9 avril,		±0,000 000 0068
1869, 15 janvier.	Paalzow	0,000 016 675
19 et 20 janvier,	et Frœlich,	±0,000 000 072
25 et 27 janvier,	Plantamour	0,000 015 635
	et Paalzow,	±0,000 000 112

Il en résulte d'abord que, dans les deux dernières déterminations, les erreurs moyennes sont environ dix fois plus grandes que dans les miennes. Je ne saurais apprécier quelle en est la cause, vu que MM. Plantamour et Hirsch ne publient aucune donnée ni sur le degré de la constance de température de la cave, ni sur le nombre des diverses observations complètes, et qu'il ne ressort pas de leurs communications jusqu'à quel point, pendant la durée d'une seule observation complète, la température dans la cuve est restée constante.

Supposons néanmoins, avec MM. Plantamour et Hirsch, que ces trois résultats aient à peu près la même valeur, il en ressortirait *le fait presque merveilleux* que le barreau normal du Bureau fédéral des poids et mesures a donné, dans plusieurs observations faites du 15 au 20 janvier 1869, des valeurs du coefficient de dilatation, lesquelles, s'accordant entre elles à ±0,000 000 072 près, s'écartent pourtant, en chiffres ronds, de 0,000 001 07 des résultats obtenus du 29 mars au 9 avril 1867, d'une part, et du 25 au 27 janvier 1869, d'autre part, résultats qui, cependant, s'accordent également entre eux dans la limite de leur erreur moyenne.





Ce fait surprenant a paru, à MM. Plantamour et Hirsch, suffisamment constaté par les mesures faites par MM. Paalzow et Frœlich pour que, sans autre motif, ils admissent comme explication que le barreau en bronze d'aluminium avec la lamelle d'argent qui y est rivée présente, par suite de sa composition et de sa construction, des irrégularités dans sa dilatation, et pour qu'ils se crussent autorisés à rejeter, comme ne pouvant plus servir, le barreau normal sur lequel sont basées cependant toutes les mesures de longueur et les nombreuses observations faites au Bureau fédéral des poids et mesures, et dont les parties ont été soigneusement vérifiées par une foule de mesures qui avaient coûté beaucoup de peine. MM. Plantamour et Hirsch ne paraissent pas avoir renoncé à leur manière de voir, malgré mes observations, et quoique leurs expériences sur la détermination du coefficient de dilatation du barreau d'argent, — mieux construit à leur avis, — aient donné une erreur plus grande que celle résultant, pour le barreau normal, des mesures faites par MM. Plantamour et Paalzow, du 25 au 27 janvier 1869. Peut-être les réflexions suivantes modifieront-elles leur opinion.

Si le barreau normal en bronze d'aluminium du Bureau des poids et mesures à Berne a présenté véritablement, dans sa dilatation, une variabilité atteignant le chiffre cité plus haut, de 0,000 001 07, dans le coefficient de dilatation, il devrait en résulter, selon qu'on admet l'un ou l'autre de ces coefficients de dilatation, pour un écart de température de 20°, une différence de $0^{mm},0214$, dans la distance des traits du barreau, qui fixent la longueur d'un mètre.

Mais cette différence est si considérable que, aux diverses époques des observations et par des températures

variant de 5° à 25°, elles n'auraient pas pu m'échapper, non plus qu'à d'autres observateurs, dans les nombreuses comparaisons du barreau normal avec des barres d'une autre construction et affranchies des inconvénients qu'on reproche à ce barreau. Au contraire, les mesures faites par toute la commission pour contrôler les miennes, les 11, 12, 22, 23 et 24 avril, ainsi que les 4, 11 et 12 mai 1867, se sont trouvées d'accord avec mes observations antérieures, au point qu'une variabilité éventuelle de ce genre n'aurait atteint tout au plus qu'un chiffre 40 fois moindre.

En outre, cette prétendue variabilité de la dilatation a une portée encore bien plus générale. Si elle atteignait réellement un tel degré, non-seulement tous les instruments de précision sur lesquels on a effectué partout, dans ces derniers temps, des divisions de longueur ou d'arcs de cercle d'une manière analogue à celle qui a été employée pour le barreau normal en question, devraient être rejetés comme impropres à des observations exactes, mais encore on aurait déjà constaté depuis longtemps cette variabilité en opérant sur ces instruments mêmes.

D'après tout ce qui précède, on peut admettre, je crois, que, dans l'état actuel de la question, la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium doit encore être considérée comme *non variable,* et que le résultat divergent obtenu par MM. Paalzow et Frœlich doit être attribué à une cause d'erreur constante ou à une différence de leur méthode d'observation avec celles qui ont été suivies avant et après leurs expériences. Sans vouloir attaquer en quoi que ce soit les connaissances et les talents reconnus de MM. Paalzow et Frœlich, je me crois cependant en droit de pouvoir relever le fait que, à ma





connaissance, ils n'ont commencé que peu de temps auparavant à s'occuper de mesures de précision en général et des instruments du Bureau des poids et mesures en particulier, tandis que M. Plantamour et moi nous avions une plus grande expérience des procédés de mesures, et que nous étions plus exercés dans le maniement de ces instruments; aussi ne prendra-t-on pas en mauvaise part si je considère encore mon coefficient de dilatation du barreau normal, coefficient confirmé par les mesures effectuées par MM. Plantamour et Paalzow, comme donnant la valeur exacte de cette grandeur, et cela d'autant plus que dans mon opinion, partagée probablement par d'autres que moi, des mesures de précision faites par un seul observateur doivent être préférées à celles effectuées par plusieurs personnes à la fois, toutes les autres circonstances étant égales.

Il est vrai que MM. Plantamour et Hirsch indiquent encore, page 12 de leur réponse, une autre raison de croire à une irrégularité dans la dilatation du barreau en bronze d'aluminium. Ils disent que, par la comparaison du pendule en laiton avec le barreau normal, entre 3°,5 et 25°,5, ils ont trouvé pour le coefficient de dilatation du pendule, d'après mes données sur la dilatation du barreau normal, le chiffre de 0,00001728, et, d'après la détermination de MM. Paalzow et Frœlich : 0,000018375, — valeurs qui, disent-ils, — sont inférieures à celles indiquées ordinairement pour la dilatation du laiton, et, dans ce cas spécial, trop faibles pour qu'on puisse atteindre une concordance des oscillations du pendule dans des températures différentes.

J'avoue ne pas comprendre ce raisonnement, même en admettant l'exactitude de ces données et de ces conclu-

sions. Si les valeurs obtenues pour la dilatation du barreau en bronze d'aluminium étaient réellement trop faibles, *il faudrait, selon moi, en conclure, non pas à une irrégularité dans la dilatation du barreau, mais bien à quelque défaut dans la méthode à l'aide de laquelle on l'a déterminée.* Cette conclusion aurait d'autant moins dû échapper à MM. Plantamour et Hirsch, que la valeur : 0,000 018 387 qu'ils trouvent, dans leur premier mémoire, pour le coefficient de dilatation du barreau d'argent, dont ils admettent la non-variabilité, est aussi très-inférieure au nombre généralement indiqué pour l'argent.

En outre, il aurait été à désirer que MM. Plantamour et Hirsch, avant de conclure et comme moyen de contrôle, fissent la comparaison immédiate du pendule avec le barreau d'argent : en l'absence de cette comparaison, la publication de leurs expériences sur la dilatation du barreau d'argent nous paraît prématurée.

Sans vouloir allonger sur ce sujet, je dois ajouter que la base même du raisonnement de MM. Plantamour et Hirsch me paraît tout au moins très-douteuse.

Bien que je n'aie plus à ma disposition les documents relatifs à cette question, je me souviens cependant très-bien d'avoir refusé de déterminer la dilatation du pendule lui-même au moyen du comparateur de Berne, par la raison que la configuration du pendule et l'installation actuelle du comparateur ne se prêtaient pas à une exactitude suffisante des mesures. En revanche, j'ai établi la dilatation de l'échelle du pendule par des comparaisons avec le barreau normal, entre 7° et 23°,4 environ, et je l'ai trouvée égale à 0, 000 017 912. Or, en admettant que, dans les mesures qu'ils ont effectuées, MM. Plantamour et Hirsch aient réellement vaincu toutes les diffi-





cultés (et, je le répète, ils ne donnent pas de détails à ce sujet), et que le chiffre indiqué par eux pour le coefficient de dilatation du pendule soit en effet relativement exact, ne serait-il pas hasardé de douter de l'exactitude absolue de ce chiffre pour la seule raison que les mesures du pendule faites par M. Plantamour [1] conduisent à une valeur plus grande.

D'après les résultats indiqués dans le mémoire de M. Plantamour, la comparaison des oscillations du pendule, à des températures différentes, donne pour le pendule le coefficient de dilatation : 0,000 020 07, chiffre qui est considérablement plus élevé que tous les coefficients de dilatation du laiton connus jusqu'à présent; mais par suite d'erreurs de calcul dans la réduction de la durée des oscillations du pendule, les chiffres établis par M. Plantamour devront, en tout cas, être rectifiés. De plus, on peut rappeler une observation analogue faite par *Bessel* lors de ses célèbres expériences sur le pendule [2], d'après laquelle ces dernières semblent amener à des valeurs trop élevées des coefficients de dilatation, et fait présumer que, dans ces expériences, il se produit peut-être encore une influence de la température qui, jusqu'à présent, n'a pas été considérée dans la théorie. Il est donc probable que l'on devra renoncer, pour le moment, à vouloir corriger, d'après des mesures du pendule, des coefficients de dilatation déterminés directement.

[1] Expériences faites à Genève avec le pendule à réversion. *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, tome XVIII, p. 405 (p. 97 des exemplaires à part).

[2] Darstellung der Untersuchungen und Maassregeln, welche in den Jahren 1835 und 1838 durch die Einheit des preussischen Længenmaasses veranlasst worden sind, von F.-W. Bessel. Berlin, 1839, p. 90 et 91.

Enfin, je ne puis admettre la valeur de l'argument tiré de ce que les coefficients de dilatation de corps comparés avec le barreau normal en bronze d'aluminium sont inférieurs aux chiffres indiqués ordinairement. On ne doit pas oublier en effet que, comme je l'ai déjà dit plus haut, la dilatation des métaux entre 0° et 100° n'est déjà plus proportionnelle à celle du thermomètre à mercure, et que les coefficients de dilatation donnés par les traités de physique se rapportent à cet intervalle de température tout entier, tandis que mes déterminations ne s'étendent qu'à l'écart de température de 0° à 30°.

Outre les expériences déjà mentionnées de MM. Dulong et Petit sur l'accroissement des coefficients de dilatation par l'élévation de la température, nous possédons encore des recherches beaucoup plus précises et plus certaines entre 0° et 100°, que *Sims* a entreprises, d'après les indications de *Baily* et *Airy*[1]. Ces observations ont conduit aux valeurs suivantes :

Matières des barres.	Écart de température.	Coefficient de dilatation par 1° centigrade.
Fonte de laiton, 32 cuivre, 12 zinc.	4° à 37° C.	0,000 017 5457
	4° 81°	0,000 018 0578
Laiton (Old imperial Standard)..	4° 38°	0,000 017 8412
	4° 80°	0,000 018 5866
Cuivre	4° 38°	0,000 016 3276
	4° 82°	0,000 016 9807
Acier	2° 36°	0,000 010 7327
	2° 80°	0,000 011 2495

Enfin le relevé suivant d'un certain nombre de déterminations, récentes pour la plupart, de coefficients de dilatation pour de basses températures, jointes aux déterminations que j'ai faites et consignées dans mon Rapport,

[1] *Airy*, Account of the construction of the New National Standard of Length, etc. Philosophical Transact. for 1857, Part. III, p. 19 et 20.





pour toute une série de barres comparées avec le barreau normal en bronze d'aluminium, démontrent que mes résultats ne s'écartent pas des autres au point qu'on doive en tirer nécessairement la conclusion que la valeur de mon coefficient de dilatation du barreau en bronze d'aluminium est réellement trop faible.

Matière des barres.	Écart de température.		Coefficient de dilatation par 1° C.	Observateurs
Laiton.				
Règle 21mm sur 5mm	7°	à 40° C.	0,000 018 984	Ibanez et Saavedra[1].
Prototype du mètre suisse, 36mm sur 6mm	5	25	0,000 018 087	Wild[2].
Old Imperial Standard.	4	38	0,000 017 841	Sims[3].
Barre de fonte 25mm sur 25mm.	4	37	0,000 017 546	Sims.
Règle.	0	36	0,000 017 830	Borda[4].
Étalon de mesures suisse, 20mm sur 20mm	5	25	0,000 017 555	Wild[2]
1 copie, idem.	5	25	0,000 017 327	Wild.
2 copie, idem.	5	25	0,000 017 334	Wild.
Mètre auxiliaire, idem.	5	25	0,000 017 546	Wild.
Acier et fer.				
Cylindre d'acier.	5	25	0,000 011 829	Wild[2].
Barre d'acier.	2	36	0,000 010 733	Sims[3].
Fonte d'acier (étalon)	0	36	0,000 010 130	Bessel[5].
Longues barres de fer forgé.	10	30	0,000 011 651	Clarke[6].
	10	30	0,000 011 659	Clarke.
Toise en fer	0	40	0,000 011 260	Bessel[7].
Règle en fer	0	36	0,000 011 560	Borda[4].
Platine.				
Règle, 21mm sur 5mm	7	40	0,000 009 017	Ibanez et Saavedra[1].
Mètre du conservatoire, 25mm sur 3mm,5.	0	25	0,000 008 605	Wild[8].
Règle, 15mm sur 2mm.	0	36	0,000 008 560	Borda[4].

[1] Loc. cit., p. 136. — [2] Loc. c., p. 90 et 95-96. — [3] Loc. cit., — [4] Base du système métrique, S. III, p. 440. — [5] Loc. cit., p. 68. — [6] *Clarke*, Comparison of the Standard of Length made at the Ordnance Survey Office, Southampton. London. 1866, p. 227. — [7] Loc. d., p. 90. — [8] Loc. c., p. 15.

D'après tout ce qui précède, je crois pouvoir affirmer en terminant ce travail, et cela avec plus de précision que je ne l'ai fait dans mes observations antérieures, que jusqu'à cette heure ***il n'y a aucune raison plausible d'admettre une variabilité de la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium du Bureau fédéral des poids et mesures à Berne, et que tous les résultats obtenus à l'aide de ce barreau conservent leur pleine valeur.***

Si quelque chose, dans ces mesures, pouvait être entaché d'un défaut de certitude, ce ne serait, d'après les explications précédentes, que la valeur absolue du coefficient de dilatation du barreau normal, bien que, jusqu'à présent, aucune donnée positive ne soit venue confirmer cette supposition. Mais si des recherches ultérieures, absolument exemptes de toute erreur, amenaient à un autre résultat quant à la valeur de la dilatation de ce barreau, il suffirait alors de modifier dans la même proportion les coefficients de dilatation de toutes les barres de métal comparées avec le barreau normal de Berne.

J'ose espérer en même temps d'avoir, en donnant ces développements, contribué aussi de nouveau, pour ma part, à hâter la solution de l'importante question de la détermination exacte de la dilatation absolue des corps.

Saint-Pétersbourg, ce 2 mai 1871.





SUR

LES IMAGES D'ILLUSION

ET SUR

LA THÉORIE DU RELIEF BINOCULAIRE

PAR

M. JOSEPH LE CONTE

Professeur de géologie et d'histoire naturelle à l'Université de Californie.

Dans un article très-soigné sur la vision binoculaire, lequel a été inséré dans le numéro de février des *Archives*[1], et qui n'est lui-même qu'un résumé très-succinct d'un mémoire plus complet devant paraître prochainement, M. Pictet entreprend d'asseoir sur des bases solides la théorie « *nativistique,* » qui considère les points correspondants comme congénitaux et comme conséquence de la structure anatomique, en opposition avec la théorie « *empiristique,* » qui les regarde comme étant le résultat de l'expérience. Après avoir résumé les divers arguments fournis à l'appui de chacun des deux systèmes ainsi que les objections qu'ils ont soulevées, il procède, suivant son opinion, à prouver l'exactitude de la première de ces théories. Il montre premièrement les conséquences qui résultent *à priori* de l'adoption de cette théorie ; secondement, l'accord qui existe précisément entre ces conséquences et les résultats de certaines expériences sur la vision ; et, troisièmement, la facilité avec laquelle cette théorie dans la forme sous laquelle il la présente explique tous les phénomènes bien démontrés de la vision binoculaire.

[1] *Archives des Sciences physiques et natur.*, 1871, tome XL, p. 105.

L'idée, la plus surprenante par sa nouveauté que renferme le mémoire de M. Pictet, est l'hypothèse relative à l'existence d'*images d'illusion* dans tous les cas de vision. C'est *ce fait* qu'il croit être une conséquence naturelle de la théorie nativistique ; c'est *ce fait* qu'il cherche à prouver par toutes ses expériences, et c'est au moyen de *celles-ci* qu'il résout toutes les questions sur la vision binoculaire. Maintenant, bien que je croie que l'évidence est accablante en faveur de la théorie nativistique et de l'opinion qui considère les points correspondants comme congénitaux, je suis néanmoins parfaitement sûr que l'existence des images d'illusion de M. Pictet, par suite même de leur nature, ne peut pas être prouvée, et que tous les phénomènes, qu'il considère comme des preuves à l'appui, peuvent être facilement expliqués par les lois connues de la vision binoculaire. C'est pourquoi, laissant de côté les nombreuses et très-intéressantes questions que M. Pictet aborde dans ce travail si plein d'aperçus nouveaux, je me bornerai à l'étude des images d'illusion, mon but étant uniquement de retirer la théorie de la vision binoculaire de la confusion dans laquelle elle a été jetée par l'introduction de cette nouvelle idée.

Afin d'expliquer le fait d'une vision simple avec les deux yeux, Müller supposa que les fibres nerveuses qui ont leurs extrémités *périphériques* aux points identiques des deux rétines se soudent au centre en *une seule fibre* ou *se terminent dans la même cellule du cerveau.* M. Pictet admet que la théorie nativistique ne dépend en aucune façon de cette supposition, cette théorie ayant seulement pour but de démontrer que l'existence des points correspondants est un fait congénital, quelle que soit la disposition organique dont ils résultent. Néanmoins, tous ses raisonnements sont basés sur *une connexion* entre les



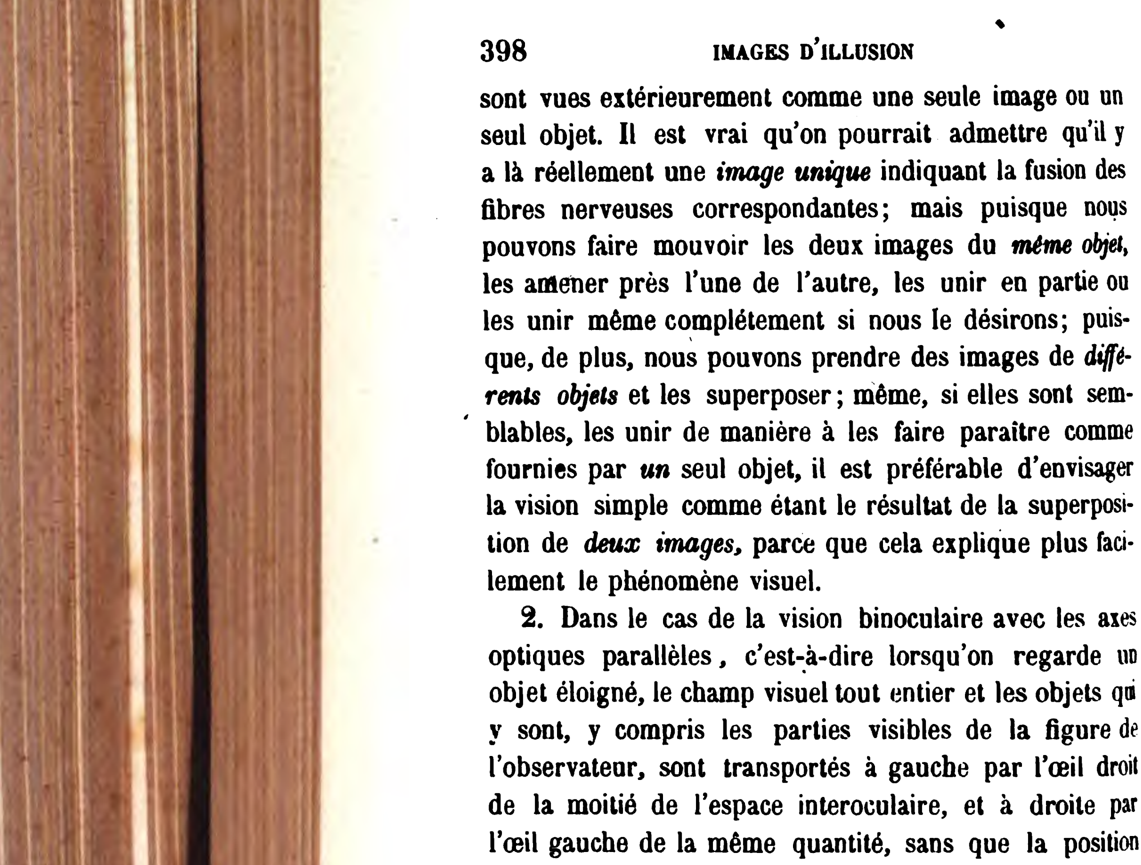
fibres correspondantes, laquelle est tout à fait *équivalente* à la *fusion* de Müller; c'est cette connexion que toutes ses expériences ont pour but de prouver. Pour M. Pictet, les fibres correspondantes se comportent de même dans toutes les circonstances imaginables, et par conséquent *sont* en réalité *une seule fibre* bifurquée.

Supposant alors une structure anatomique qui équivaut à la fusion des deux fibres correspondantes en une seule dans le cerveau, M. Pictet procède à montrer que (suivant la loi physiologique bien connue qui renvoie toutes les impressions reçues par les centres nerveux aux extrémités périphériques des fibres nerveuses) une impression reçue par un point quelconque *d'une des rétines* étant transmise au cerveau doit nécessairement être de là renvoyée aux *deux* extrémités de la fibre bifurquée, c'est-à-dire aux points correspondants *des deux rétines*. Par conséquent, si les rayons lumineux d'un objet s'impriment sur la *rétine d'un œil,* l'impression transmise au cerveau doit être renvoyée *également aux deux yeux,* produisant ainsi *deux images extérieures identiques* dans le champ visuel; l'une, une *image vraie* produite par l'impression lumineuse sur la rétine d'un des yeux; l'autre, *une image d'illusion,* une image subjective, réfléchie du point de soudure dans l'encéphale, sur la rétine de l'autre œil. Ainsi donc, suivant M. Pictet, même quand nous *fermons un œil,* nous *voyons* encore, en quelque sorte, les *objets avec les deux yeux,* parce qu'il y a une image vraie appartenant à l'œil ouvert, et une image d'illusion appartenant à l'œil fermé. Ces deux images sont *identiques* et vues à la *même place.* Les effets stéréoscopiques ne sont pas observés dans la vision monoculaire par la raison seulement que ces deux images sont *parfaitement identiques* et *parfaitement unies.*

Il est facile de juger combien, à cause de cette identité parfaite et de cette union inséparable de l'image vraie et de l'image d'illusion, il serait difficile pour ne pas dire impossible et partant futile d'essayer de prouver l'existence de ces dernières. Néanmoins, M. Pictet expose avec détails plusieurs expériences qui prouvent, à ce qu'il croit d'une manière péremptoire, l'existence de ces images d'illusion dans chaque cas de vision. Je désire montrer que les phénomènes qui ont eu lieu dans les expériences de M. Pictet peuvent être expliqués sans avoir recours aux images d'illusion. Je crois cependant nécessaire d'exposer auparavant certains principes généraux de la vision binoculaire dont je me servirai pour cette explication, renvoyant le lecteur, pour plus de détails et de preuves, à mes précédents mémoires [1]. Dans cet article, je désignerai ces principes par les numéros sous lesquels ils sont donnés ci-après.

1. Les impressions produites par les *images rétiniennes lumineuses* sont transmises au cerveau et sont, en vertu d'une loi physiologique, renvoyées au dehors et vues là comme étant des *images extérieures.* Chaque œil a son *champ visuel propre* rempli de ses *propres images.* Comme ces images sont en général vues doubles, il sera souvent préférable de les considérer, non pas comme des *objets.* mais comme des *images* extérieures, qui sont les signes des objets. Nous ne voyons un objet, *simple* et dans sa *position vraie* que quand les deux images produites par cet objet sont *superposées.* Cela a lieu lorsque les deux images *lumineuses* tombent sur des *points correspondants.* Les deux images rétiniennes des points correspondants

[1] *Amer. Journal*, II, vol. 47, pages 68, 153; III, vol. 1, page 33; vol. 2, page 1.



sont vues extérieurement comme une seule image ou un seul objet. Il est vrai qu'on pourrait admettre qu'il y a là réellement une *image unique* indiquant la fusion des fibres nerveuses correspondantes; mais puisque nous pouvons faire mouvoir les deux images du *même objet*, les amener près l'une de l'autre, les unir en partie ou les unir même complétement si nous le désirons; puisque, de plus, nous pouvons prendre des images de *différents objets* et les superposer; même, si elles sont semblables, les unir de manière à les faire paraître comme fournies par *un* seul objet, il est préférable d'envisager la vision simple comme étant le résultat de la superposition de *deux images*, parce que cela explique plus facilement le phénomène visuel.

2. Dans le cas de la vision binoculaire avec les axes optiques parallèles, c'est-à-dire lorsqu'on regarde un objet éloigné, le champ visuel tout entier et les objets qui y sont, y compris les parties visibles de la figure de l'observateur, sont transportés à gauche par l'œil droit de la moitié de l'espace interoculaire, et à droite par l'œil gauche de la même quantité, sans que la position relative des différentes parties en soit altérée. De telle sorte que les deux yeux et leurs lignes visuelles paraissent se réunir au milieu pour former *un seul œil binoculaire* et une *seule ligne visuelle médiane*, le long de laquelle l'œil semble regarder.

Tout contour, qu'il soit arrondi ou plat, qui se trouve dans la ligne médiane, à commencer par le nez lui-même, est doublé *hétéronymiquement*[1] et apparaît comme deux

[1] Dans le manuscrit anglais qu'il nous a envoyé, l'auteur emploie les mots *homonymous*, *homonymously* pour exprimer qu'une image est de *même nom* que l'œil auquel elle appartient, c'est-à-dire que l'image

contours ronds ou plats parallèles l'un à l'autre et séparés par un espace exactement égal à l'espace interoculaire. C'est comme si les yeux réunis regardaient l'objet éloigné entre deux nez, et entre deux surfaces parallèles rondes ou planes en suivant la direction des deux lignes visuelles réunies. Il va sans dire que par cette translation des deux champs visuels, tous les objets sont doublés de la même manière.

De cette façon, dans la vision binoculaire, les deux yeux *semblent* être véritablement superposés et les points correspondants coïncider deux à deux. Cette réunion des yeux et de leurs lignes visuelles est la conséquence nécessaire de l'existence des points correspondants. On définit les points correspondants en disant que ce sont ceux dont les images sont vues simples, or tous les objets sur les lignes visuelles doivent impressionner des points correspondants, et par conséquent les lignes visuelles elles-mêmes, si elles étaient visibles, seraient vues simples. Ceci ne peut avoir lieu que si elles se combinent pour former au milieu une ligne visuelle en apparence unique.

3. Quand on tourne ses yeux dans une direction quelconque sans en altérer la convergence, les objets paraissent rester stationnaires, et les lignes visuelles semblent se mouvoir et passer sur eux. Mais lorsqu'on tourne ses yeux dans des *directions opposées*, en les faisant converger fortement, *la ligne visuelle semble rester*

donnée par l'œil droit est à droite, l'image fournie par l'œil gauche à gauche, ou bien que le déplacement latéral d'une image tend à la ramener du côté de l'œil qui l'a fournie, l'image de l'œil droit marchant vers l'œil droit, l'image de l'œil gauche vers l'œil gauche. Les mots *heteronymous*, *heteronymously* expriment le contraire. Pour rendre ces idées, nous avons introduit dans cette traduction les mots *homonymique*, *homonymiquement*, *hétéronymique* et *hétéronymiquement*. (*Réd.*)





stationnaire (c'est-à-dire qu'il nous semble que nous regardons dans la même direction), et tous les objets ou plutôt *les images semblent se mouvoir dans une direction contraire au mouvement réel de l'œil*; le champ visuel tout entier de chaque œil, avec toutes ses images, accomplit sa rotation autour du centre optique dans un sens contraire à la rotation de l'œil. On peut voir cela clairement en faisant converger volontairement et fortement ses yeux sur un point imaginaire rapproché et en surveillant en même temps le mouvement des images plus éloignées. Le champ de l'œil droit tout entier, avec toutes ses images, accomplit sa rotation à droite et celui de l'œil gauche à gauche, c'est-à-dire homonymiquement. Les images de tous les objets sont successivement amenées en face et superposées à mesure que les lignes visuelles des deux yeux passent successivement sur eux. Si nous pouvions tourner nos yeux en dehors, les champs et leurs images se mouvraient hétéronymiquement. Cela peut être constaté à un faible degré lorsqu'on s'endort [1]. Ainsi, même dans le cas où les deux yeux sont tournés en dehors, les deux lignes visuelles se réunissent en face de l'observateur, et les objets placés sur elles sont reportés en face aussi et superposés. Ceci résulte nécessairement des propriétés des points correspondants; mais je l'ai prouvé aussi par des observations faites sur des personnes qui tournaient naturellement les yeux légèrement en dehors.

Dans la vision binoculaire, il se produit donc deux déplacements *apparents* des champs visuels : 1° une *translation hétéronymique* de chaque champ visuel sur une distance égale à la moitié de l'espace interoculaire; elle est involontaire et habituelle et suffirait à elle seule pour

[1] J'espère donner prochainement la preuve de ceci.

doubler tous les objets ***hétéronymiquement;*** 2° dans le cas de convergence oculaire, une ***rotation homonymique*** de chaque champ visuel autour du centre optique. Les conséquences nécessaires de ces mouvements sont : *a*) que les *deux images* d'un objet placé au point de vue sont superposées si l'objet est vu simple ; les objets en deçà du point de vue sont doublés hétéronymiquement, tandis que les objets au delà du point de vue sont doublés homonymiquement ; *b*) que tous les différents objets placés sur les lignes visuelles soit en deçà soit au delà du point de vue ont deux de leurs images (une de chaque) superposées ; de sorte que ***dans toutes les circonstances*** les deux lignes visuelles se combinent de manière à former une ligne visuelle binoculaire partant des yeux réunis pour aller passer au point de vue et continuer au delà jusqu'à l'infini.

Dans un article publié dans le numéro de janvier du *Journal Américain* [1], j'ai insisté sur la nécessité de représenter, à l'aide d'une série de diagrammes, ces différents phénomènes de la vision binoculaire, afin d'éviter les erreurs qui se glissent si facilement dans ce sujet. Je proposai alors un nouveau système de figures que je vais maintenant expliquer en renvoyant à l'article susmentionné pour de plus amples informations.

Si on place une baguette mince ou un fil *m* dans le plan médian avec une de ses extrémités sur la racine du nez *n* (Pl. III, fig. 1), et qu'on regarde un horizon lointain de manière à ce que les lignes visuelles *v v* soient parallèles, le résultat obtenu sera représenté par la fig. 2, dans laquelle O représente les yeux réunis, V les lignes visuelles combinées, *n* et *n'* les deux images du nez limitant de chaque côté le champ visuel commun, et *m* et *m'* les images hété-

[1] *Amer. Journal*, III, vol. 1, page 33.



ronymiques de la baguette médiane. Si les lignes visuelles *vv* (fig. 1) étaient des lignes matérielles existant réellement, nous les verrions réunies au milieu comme V dans la fig. 2; mais nous verrions aussi deux autres lignes *v v'* qui seraient la ligne visuelle de l'œil gauche vue par l'œil droit, et celle de l'œil droit vue par l'autre. J'ai donné aussi ces figures afin de mieux montrer la superposition des deux champs visuels. Pour abréger, convenons que j'emploierai, dans la fig. 2 et dans toutes les figures suivantes représentant des *phénomènes de vision,* des *lettres majuscules* pour désigner les images *combinées* ou les objets vus simples; des *petites lèttres italiques* pour désigner les images de *l'œil droit*, des lettres semblables seulement avec un *accent* pour les images de *l'œil gauche,* et des droites pointillées pour représenter les lignes visuelles.

Si maintenant nous faisons converger les yeux de manière à regarder le point A sur la baguette médiane *m m*, fig. 1, la fig. 3 représentera la position relative vraie des différents objets à considérer dans ce cas particulier, et la fig. 4 le résultat obtenu. Quand on compare soigneusement cette figure avec la figure 2 la rotation des champs visuels devient évidente, ainsi que le redoublement homonymique au delà du point de vue.

Examinons maintenant les expériences de M. Pictet à 'aide des lumières que ces faits nous fournissent. Je ne dirai rien pour le moment de ce qu'il considère apparemment comme ses expériences les plus décisives, mais je m'occuperai d'abord du phénomène général des *images doubles,* parce que, quand la nature de celles-ci sera bien comprise, tout ce qui suit en deviendra clair.

Si nous plaçons un doigt devant nos yeux et que nous regardions au delà la paroi de la chambre, nous verrons

deux images hétéronymiques du doigt, séparées par un intervalle presque égal à l'espace interoculaire. Considéré comme problème de géométrie, ce fait s'explique suffisamment par le déplacement parallactique du doigt, lorsqu'il est vu par les deux yeux; pris comme une question de vision binoculaire, ce fait s'explique par la superposition hétéronymique des champs visuels des deux yeux, ainsi que je l'ai montré dans les figures 1 et 2 de ce paragraphe. Mais les images, dans ce cas, sont *transparentes*, M. Pictet insiste beaucoup sur ce fait. « C'est, dit-il, un point essentiel que nous n'avons pas trouvé dans les travaux de physiologie optique » (p. 105). Il l'explique comme suit: Il y a une portion de la paroi de la chambre qui n'envoie pas de rayons lumineux à l'œil droit (c'est celle qui est couverte par l'image du doigt tel que le voit l'œil droit), mais cette portion de la paroi impressionne l'œil gauche, et cette impression est transmise à l'œil droit, qui la perçoit à la même place comme image d'illusion. Le doigt paraîtra donc transparent à l'œil droit, parce que, grâce à cette image d'illusion, il voit la paroi derrière lui. L'explication est naturellement la même pour l'image du doigt vue par l'œil gauche. Nous interprétons ce fait tout autrement que M. Pictet, et nous croyons que la raison pour laquelle la transparence des images doubles a été si peu étudiée par les divers auteurs tient précisément à la facilité avec laquelle elle se conçoit. Voici notre explication. Nous voyons *toutes* les parties de la paroi, parce qu'*aucune* partie n'est cachée à nos *deux* yeux. Les images doivent paraître transparentes, puisqu'elles ne cachent rien à *l'observateur*. M. Pictet dirait que l'image de l'œil droit ne cache rien à l'œil droit, l'image de l'œil gauche rien à l'œil gauche, et que, par conséquent, les parties couvertes par ces images doivent être vues, par l'œil corres-





pondant, au moyen d'images d'illusion ; *nous* nous disons qu'une partie de la paroi *est* cachée à l'œil droit (celle sur laquelle tombe l'image de l'œil droit), mais que cette partie est visible à l'œil gauche; semblablement une partie de la paroi *est* cachée à l'œil gauche, mais cette partie est visible à l'œil droit. M. Pictet dirait, et il dit en effet, que toutes les parties de la paroi sont vues par les deux yeux, tant par une image vraie que par une image d'illusion ; *nous* disons que toutes les parties de la paroi sont vues, non par chaque œil, mais par l'*observateur binoculaire ;* ce n'est pas que certaines parties soient vues comme *images vraies,* et certaines autres comme *images d'illusion;* mais toutes sont vues comme *images vraies.*

Si au lieu d'un doigt nous nous servons d'un écran large de plusieurs pouces (plus large que l'espace interoculaire), les images doubles ne se sépareront pas alors entièrement. Elles se recouvriront hétéronymiquement sur un espace égal à l'espace interoculaire. La partie commune sera opaque, parce qu'elle couvre une portion de la paroi qui est cachée aux deux yeux; le reste sera transparent. Le résultat qui s'obtient dans ce cas est représenté dans la figure 5, dans laquelle EE est l'image de l'œil droit E′ E′ l'image de l'œil gauche et E′ E la portion commune. Ces faits sont indiqués dans les figures 6 et 7 d'une manière qui fait mieux comprendre mon idée ; figure 6 représente la position réelle des différents objets, et figure 7 le résultat obtenu. Le phénomène sera plus clair si la ligne médiane *m* est occupée par une tige matérielle. Si maintenant les axes optiques convergent, ainsi que nous l'avons déjà expliqué (3), ces images glisseront l'une sur l'autre par une translation *homonymique* ; les bords transparents se rétréciront, et la partie opaque s'étendra de plus en plus,

jusqu'à ce que le point de vue soit sur l'écran (fig. 8) ; à ce moment les images se fondront complétement et l'écran deviendra entièrement opaque. Le résultat obtenu dans ce cas-là est représenté par la figure 9.

Si ensuite nous nous servons de *deux* doigts, un de chaque main, et que nous regardions de nouveau la paroi, nous verrons quatre images, transparentes toutes les quatre. Puis en rapprochant ou écartant les deux doigts jusqu'à ce que les deux images du milieu se réunissent, nous arriverons à n'avoir que trois images, celle du milieu *opaque* et les deux autres transparentes. La cause de ce fait est évidente. L'image du milieu est opaque parce qu'elle cache une portion de la paroi *aux deux yeux* à la fois. Cette portion de la paroi est cachée à l'œil droit par le doigt de la main droite et à l'œil gauche par le doigt de la main gauche. L'image du doigt de la main droite vu par l'œil droit et l'image du doigt de la main gauche vu par l'œil gauche sont superposées et forment l'image *opaque* du milieu, tandis que l'image gauche qui est celle du doigt de la main gauche vu par l'œil droit, et l'image droite qui est celle du doigt de la main droite vu par l'œil gauche sont toutes deux *transparentes*. Dans la vision binoculaire, les *images superposées* des objets opaques sont *toujours opaques*, tandis que les *images simples* sont *toujours transparentes*.

Les principes (1, 2, 3) exposés au commencement de cet article, ainsi que l'explication des images doubles transparentes que nous venons de donner ici, fournissent, croyons-nous, la clef de toutes les expériences de M. Pictet. Nous en ferons l'application à celles seulement qu'il croit être les plus concluantes pour l'existence des images d'illusion. Nous allons exposer d'abord ses expériences et ses conclusions aussi exactement que possible, puis nous don-





nerons ensuite notre propre explication. Voici les expériences que M. Pictet trouve concluantes.

Placez dans le plan visuel médian un écran opaque *m* E, dont la tranche s'applique sur le nez, *n*, fig. 10, de telle sorte que l'objet placé en A soit visible pour les deux yeux; puis mettez ensuite un second écran C, perpendiculaire à la ligne visuelle A D de l'œil droit, afin d'empêcher les rayons de A d'arriver à l'œil droit. L'objet en A semblera néanmoins être vu *à travers l'écran opaque* C qui, pour cette raison, paraîtra *transparent*, et on pourra même dessiner nettement l'esquisse de l'objet sur l'écran en *b* au point *exact où la ligne visuelle de l'œil droit traverse l'écran*, là précisément où on le verrait avec l'œil droit et où on pourrait en tracer l'esquisse si l'écran était transparent. M. Pictet pense que ceci est absolument inexplicable, à moins que l'on ne suppose que nous voyons réellement avec *l'œil droit* une image d'illusion au point A, et que c'est le contour de celle-ci que nous esquissons sur l'écran au point *b*; l'écran paraissant transparent parce que l'image d'illusion est vue derrière.

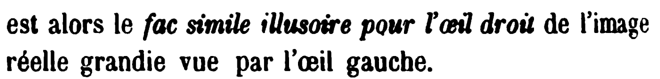
Mais M. Pictet donne une autre expérience qu'il croit encore plus concluante. Sur une feuille de papier étendue sur une table on pose une pièce de monnaie, puis juste à côté à droite on place un écran qui devra s'appliquer par sa tranche contre la figure de l'observateur en occupant le plan visuel médian, de façon à *intercepter la vue de l'œil droit*. Néanmoins, en dirigeant le regard sur la pièce de monnaie, « on voit que l'écran vertical paraît transparent dans sa totalité et qu'il permet à l'œil droit de distinguer la pièce comme à travers une surface des plus diaphanes » (P. 125). « Si alors... on donne aux axes optiques une direction plus parallèle,... on voit l'image d'illusion de l'œil droit s'acheminer graduellement vers la

droite, traverser la ligne d'intersection de l'écran et de la table, et venir se projeter de l'autre côté sur le papier blanc, où l'on peut en faire un tracé très-correct. » (*Ibid.*) Afin de représenter ces faits plus clairement, je donne le diagramme fig. 11. Dans cette figure D et G sont les deux yeux, *p p* la feuille de papier, A G la ligne visuelle de l'œil gauche, *m* E l'écran médian, A D la ligne visuelle de l'œil droit quand on regarde la pièce de monnaie A et qu'il semble qu'on la voie à travers l'écran *m* E, D *b* la ligne visuelle de l'œil droit quand les axes optiques deviennent parallèles, et *b* le point précis où la ligne visuelle traverse le papier, la place où le contour de la pièce de monnaie peut être tracé. L'image se meut à droite ou à gauche suivant la position des axes optiques, étant toujours là où la ligne visuelle traverse le papier. Mais la position la plus avantageuse des axes optiques est le parallélisme; car, dit M. Pictet, « *c'est celle qui écarte le plus l'image d'illusion de l'image réelle.* » Je suis surpris que M. Pictet n'aie pas réfléchi que devant se trouver, suivant son propre principe, sur les points correspondants l'image d'illusion, s'il y en a une, *ne peut pas être séparée de l'image réelle;* et qu'*on ne voit, en réalité, qu'une seule image.*

Mais, de plus, si on place sur la ligne visuelle D *b* de l'œil droit, et perpendiculairement à cette ligne une lentille convexe, l'image en *b* n'est pas modifiée, mais le tracé qu'on fait de cette image se trouve diminué et est d'autant plus petit que la lentille grossit davantage; l'image n'est pas grossie, mais le dessin l'est; et M. Pictet conclut de là que *l'image de la monnaie* est une image *d'illusion* ou subjective tandis que *l'image du papier et du tracé est réelle.* Si la lentille est placée devant l'œil gauche, l'image est grossie, et cela suivant M. Pictet, parce qu'elle







est alors le ***fac simile illusoire pour l'œil droit*** de l'image réelle grandie vue par l'œil gauche.

Voici un exemple de plus que M. Pictet donne comme preuve à l'appui de son opinion. En tenant les deux yeux ouverts, on peut dessiner très-nettement sur une feuille de papier placée à côté du tube du microscope les objets qui sont au foyer. Ou, mieux encore, si on place dans un stéréoscope une carte stéréoscopique dont une des moitiés porte une vue et dont l'autre soit vide, on pourra dessiner la vue sur la partie blanche de la carte. Selon M. Pictet, la lumière impressionne un des yeux, et cette impression est transmise à l'autre œil par une image d'illusion qui est extériorisée juste à l'endroit où la ligne visuelle traverse la carte.

Telles sont les plus importantes des expériences sur lesquelles M. Pictet fonde sa croyance aux images d'illusion. Ces phénomènes me sont familiers depuis nombre d'années, et j'ai souvent aussi employé la méthode recommandée par lui, et qui consiste à tracer le contour des objets vus au microscope; mais mon explication est entièrement différente de la sienne. Si l'idée de M. Pictet est juste, si dans les expériences que nous venons d'exposer, on trace réellement le contour d'une ***image d'illusion*** appartenant à ***l'œil droit***, où est alors ***l'image vraie*** appartenant à l'œil gauche ? on ne voit qu'une seule image. M. Pictet, pour être d'accord avec ses principes, devrait répondre qu'étant sur les points correspondants, les deux images sont parfaitement réunies. Alors pourquoi appeler l'image que nous esquissons, une image d'illusion ? La vérité est que, dans tous les cas, nous traçons l'esquisse de ***l'image vraie*** vue par ***l'œil gauche;*** quoique d'après les principes posés au commencement de cet article on dessine le contour de

l'objet par suite des propriétés des points correspondants, à une *place différente de la sienne.*

Pour donner ma propre explication des phénomènes observés par M. Pictet, je commencerai par l'expérience faite avec la pièce de monnaie. Si M. Pictet avait fait cette expérience *sans* l'écran médian, il me semble que la vraie explication n'aurait pas pu lui échapper. Essayons-là donc sous cette forme.

Si on place une pièce de monnaie sur une feuille de papier étendue sur la table et qu'on regarde en bas dans la direction de la pièce, en fixant dans le vide on voit deux images *hétéronymiques a, a'* (fig. 12) séparées par un intervalle égal à l'espace interoculaire.

Si on essaye alors de les esquisser, on voit aussi *deux images du crayon.* Si on se sert de l'image du crayon fournie par l'œil droit (image gauche) *p* pour dessiner l'image de l'œil gauche (image droite) de la pièce de monnaie *a'* : on verra un crayon traçant le contour *b* de l'image *a'*, et un autre crayon traçant l'esquisse *b'*, à une place où il n'y a pas de monnaie. Si on examine maintenant le résultat de cette expérience, on trouve que le contour qu'on a tracé B (fig. 13) est à quelque distance (un espace interoculaire) à droite de la pièce de monnaie A. L'explication de ce fait est simple. En regardant dans le vide, le champ visuel est, ainsi que nous l'avons déjà démontré (2) par la loi des points correspondants, transporté hétéronymiquement par chaque œil d'un demi-espace interoculaire. L'image de l'œil gauche de A (*a'* fig. 12) et l'image de l'œil droit du point B (esquisse *b'*, fig. 12) sont par conséquent amenées l'une vers l'autre et superposées; tandis que l'image de l'œil droit de A (*a*, fig. 12) et l'image de l'œil gauche de l'esquisse B (*b'*, fig. 12) sont vues respectivement à droite et à gauche. C'est





précisément la même chose que dans le cas de la superposition des images doubles des deux doigts dont nous avons parlé p. 405. Si, au lieu de se servir de l'image du crayon fournie par l'œil droit pour dessiner l'image de la pièce de monnaie telle que la donne l'œil gauche, on s'était servi des images correspondantes du crayon et de la pièce, c'est-à-dire l'image de l'œil droit ou l'image de l'œil gauche des deux, on aurait *placé le crayon sur la monnaie.* Enfin, si on se sert de l'image (*p*, fig. 12) du crayon vue par l'œil gauche pour dessiner l'image *a* de la pièce de monnaie telle que la donne l'œil droit, on trouve qu'on a fait une esquisse à *une demi-distance interoculaire à gauche*, et le résultat des deux expériences consiste en deux esquisses à un double espace interoculaire l'une de l'autre.

Avec le mode d'expérimentation de M. Pictet, on supprime, par l'usage qu'on fait de l'écran, l'image *a* (fig. 12) de la monnaie produite par l'œil droit, ainsi que l'image *p'* du crayon, telle que la donne l'œil gauche, et on ne voit, par conséquent, que l'image *a'* de la monnaie vue par l'œil gauche, et l'image *p* du crayon appartenant à l'œil droit ; celles-ci étant sur les lignes visuelles des deux yeux sont réunies, suivant la loi des points correspondants, de la même manière que les deux vues d'une carte stéréoscopique, ou de la même manière que deux objets quelconques séparés par un obstacle interoculaire sont superposés quand on regarde un point éloigné. Si M. Pictet *s'était servi de sa main gauche pour dessiner*, il se serait servi des images correspondantes du crayon et de la pièce de monnaie, et il aurait trouvé qu'en essayant de dessiner son image *d'illusion, il mettait son crayon sur la pièce de monnaie.*

La figure 14 donne la disposition vraie des différents objets dans l'expérience *sans* l'écran médian, et la figure

15 représente le résultat obtenu tel que je le comprends. Les figures 16 et 17 représentent l'une les données, l'autre le résultat de l'expérience faite *avec* l'écran. En comparant les résultats consignés dans les figures 15 et 17, on verra que les images additionnelles *a p'* sont retranchées par l'écran médian.

Il devient évident, par cela même, que dans les expériences de M. Pictet l'image qu'on voit et dont on trace le contour n'est pas une *image d'illusion* vue par *l'œil droit*, mais une *image vraie* vue par *l'œil gauche*. Le crayon est vu par l'œil droit, et les deux objets, c'est-à-dire le crayon et la monnaie, étant sur les lignes visuelles, sont réunis d'après la loi des points correspondants. M. Pictet pourrait aussi bien considérer l'image du crayon comme une image d'illusion vue par l'œil gauche, car le crayon et la monnaie sont placés des deux côtés de l'écran, précisément de même relativement aux deux yeux.

Si on regarde directement la monnaie (fig. 11), « on voit, dit M. Pictet, que l'écran vertical paraît transparent dans sa totalité et qu'il permet à l'œil droit de distinguer la pièce comme à travers une surface des plus diaphanes. » Mais il y a *deux* écrans transparents, l'un vu par l'œil droit et que M. Pictet remarque[1], tandis que l'autre échappe apparemment à son observation. La vérité est que, quand on regarde la pièce, les images doubles hétéronymiques de l'écran médian *ms* se rencontrent à la distance du point de vue. La disposition vraie de l'expérience a déjà été donnée par la fig. 11, dans laquelle A D et A G sont des lignes visuelles convergeant sur la pièce A. Le résultat est in-

[1] Il semble que l'œil droit jouisse d'une dextérité particulière; car dans le cas des images doubles un grand nombre de personnes négligent l'image de l'œil gauche.



diqué à la figure 18. On voit que la ligne visuelle de l'œil droit s'arrête à l'image de l'écran *m* E, qui appartient à l'œil droit, tandis que la ligne visuelle de l'œil gauche marche parallèlement à l'image de l'écran *m'* E' qui lui appartient, sans rencontrer d'obstacle, jusqu'à son image de la monnaie *a'*. M. Pictet dit encore : « Si alors on donne aux axes optiques une direction plus parallèle, on voit l'image d'illusion de l'œil droit s'acheminer graduellement vers la droite, traverser l'écran et venir de l'autre côté. » Mais ici encore il n'observe pas qu'on voit *deux* écrans, et c'est encore l'image de l'œil gauche qu'il néglige. Quand les deux yeux deviennent parallèles, les deux images de l'écran, *m e* et *m' e'*, s'écartent graduellement jusqu'à ce qu'elles soient parallèles, et on voit la pièce entre les deux, ainsi que nous l'avons déjà montré, fig. 17. *La pièce de monnaie ne change en rien sa position relativement à l'écran vu par l'œil gauche*, seulement à gauche de l'écran vient se mettre son image vue par l'œil droit. Si M. Pictet plaçait une autre pièce de monnaie à droite de l'écran à la place exacte où il a tracé son esquisse il verrait les deux pièces se réunir en une seule, précisément comme des vues stéréoscopiques. Suivant les principes de M. Pictet, ceci doit être considéré comme l'union de deux images d'illusion, je demanderai donc, où sont alors les images vraies ?

Il est maintenant facile de comprendre pourquoi, dans l'expérience de M. Pictet, quand on place une lentille devant *l'œil droit*, l'image n'en est pas affectée, ce n'est pas parce que c'est une image d'illusion, mais parce que c'est l'image de *l'œil gauche*. Mais si on fait l'expérience sans l'écran, on verra l'image vraie de l'œil droit (*a*, fig. 12) à gauche et elle *sera* agrandie. Il va sans dire que l'expérience qui consiste à esquisser des objets vus au mi-

croscope s'explique précisément de la même manière, ainsi que la possibilité de tracer sur la moitié encore blanche d'une carte stéréoscopique une vue qui se trouve sur l'autre moitié.

Je pourrais éclaircir encore ce sujet de plusieurs manières, mais cela ne me paraît guère nécessaire. Je remarquerai seulement en passant que, d'après le principe du mouvement des champs visuels posé au § 3, on peut sans peine, en louchant volontairement, tracer, sur la partie qu'on veut d'une feuille de papier, le contour d'une pièce de monnaie. On place la pièce de monnaie sur une feuille de papier étendue sur la table. Puis on place le crayon sur un point quelconque de la feuille où on désire tracer l'esquisse, cela peut être à 4, 6, 10 ou 12 pouces de la pièce. On ramène enfin en louchant l'image de la pièce vue par l'œil droit et l'image du crayon vue par l'œil gauche l'une vers l'autre et on trace le contour de la première.

Il est un peu difficile de faire rester les axes optiques immobiles et par conséquent de tracer nettement le contour au point de convergence optique (point de vue) sans regarder un objet. Je mentionne cela seulement comme un exemple de dessins faits à une certaine distance de l'objet. Il est clair que, dans ce cas, l'écran médian est inadmissible.

Le phénomène qui a lieu dans la première des expériences de M. Pictet (fig. 10) s'explique maintenant facilement. Si on n'emploie *pas* d'écran médian, la figure 19 représentera la disposition de l'expérience, et la figure 20 le résultat obtenu. On verra, en comparant les deux figures, que les lignes visuelles *v v* sont réunies de telle façon que l'image de *l'œil gauche* de A et l'image de l'œil droit du point *b* et du crayon *p* (fig. 19) sont amenées



sur la même ligne dans la figure 20; mais l'image de l'œil gauche du point *b* et du crayon *p* (fig. 19) sont vues à droite *b' p'* (fig. 20). Si on essayait d'employer *p'* au lieu de *p* pour faire l'esquisse, on manquerait l'écran sur lequel il s'agit de dessiner. Dans l'expérience de M. Pictet avec l'écran médian (fig. 10), cet écran cache les images de l'œil gauche du point *b* et du crayon, de sorte qu'on n'a que l'image de l'œil gauche de l'objet A et l'image de l'œil droit du point *b*, et celles-ci sont amenées à coïncider suivant la loi des points correspondants. Le résultat est représenté par la figure 21. Dans toutes ces figures, j'ai indiqué l'opacité de l'écran en arrêtant la ligne visuelle de l'œil droit à l'écran.

Afin de montrer l'étrange confusion que fait M. Pictet, j'attirerai l'attention sur le fait que, dans ses expériences décrites (p. 402) sur la transparence des images doubles aussi bien que dans la dernière que nous avons expliquée, les images doubles sont regardées comme *réelles*, tandis que la vision des objets placés en arrière, laquelle semble être, en effet, de la transparence, est attribuée à une illusion. Dans l'expérience faite avec la pièce de monnaie, c'est au contraire une des images doubles qui est regardée comme étant d'illusion.

Il est inutile de suivre M. Pictet dans toutes ses expériences, car la même explication s'applique à toutes. Il est un point, cependant, que je désire examiner un peu plus longuement : c'est le relief binoculaire. Je voudrais montrer la fausseté de l'opinion de M. Pictet et exposer en même temps, plus nettement que je ne l'ai encore fait jusqu'ici, mes propres idées sur cet important sujet.

M. Pictet croit que dans tout acte de vision binoculaire il se forme *quatre images extérieures ;* que chaque œil a sa propre image réelle produite par l'image rétinienne lu-

mineuse, et son image d'illusion résultant de l'image réelle de l'autre œil et identique à celle-ci; que de même que les deux images vraies diffèrent légèrement l'une de l'autre étant prises de points de vue différents, leurs deux *fac simile*, les deux images d'illusion diffèrent aussi; et nécessairement aussi que l'image réelle et l'image d'illusion de chaque œil diffèrent entre elles précisément comme les deux images réelles ou les deux images d'illusion. Il croit que *la perception du relief est le résultat de la comparaison faite par chaque œil entre son image réelle et son image d'illusion.* Il est impossible de comprendre quel avantage cette théorie, basée sur l'idée de M. Pictet, que l'image réelle et l'image d'illusion de chaque œil diffèrent entre elles précisément comme les images réelles des deux yeux, a sur celle plus usitée et plus simple de MM. Prevost et Brücke. Du reste M. Pictet ne regarde pas l'existence des quatre images comme une conception plus ou moins avantageuse, mais comme une question de fait. « Une construction géométrique bien simple nous montre ainsi quatre images identiques deux à deux. » Je reproduis ici la figure de M. Pictet démontrant ce point. Les deux tracés en lignes pleines A et B, figure 22, représentent deux projections d'un cône tronqué tel qu'il est vu par l'œil gauche et par l'œil droit respectivement. Les deux bases supérieures, représentées par les plus petits triangles, sont identiques dans les deux figures; elles sont aussi communes à deux autres figures dont tout le reste est pointillé et qui sont tracées de telle sorte que celle d'entre elles qui est en A, soit le *fac simile* de la figure en trait plein B et vice versâ. Ces quatre figures représentent exactement, suivant M. Pictet, les quatre images qui se forment quand on regarde un cône tronqué simple, les lignes pleines étant les images vraies et les lignes pointillées les images d'illusion.





« Car, dit-il, si l'on fusionne en une seule image ces quatre contours, on éprouve instantanément l'impression du corps lui-même, et l'on voit qu'en effet *les traits pointillés sont recouverts par les traits pleins* dans l'image binoculaire, *ce qui confirme notre déduction.* » (P. 141.)

Maintenant, comment pourrait-il en être autrement suivant la théorie habituelle, c'est-à-dire celle de Brücke, A. Prevost et Brewster? Par la construction, la partie pointillée de chacune des deux figures est le *fac simile* de la portion en traits pleins de l'autre, de telle sorte que, quand on réunit leur base commune, les petits triangles, les lignes pleines d'une des figures *doivent* coïncider avec les lignes pointillées de l'autre.

M. Pictet n'a donc représenté avec ses traits pointillés dans *chacune* de ses figures que ce qui doit avoir lieu dans la *combinaison* binoculaire de ses *deux figures à traits pleins*, même sans lignes pointillées; c'est-à-dire le redoublement des lignes des plus grands triangles ou des bases inférieures, quand les plus petits triangles ou bases supérieures sont réunis. C'est là un fait bien connu de tout observateur soigneux et qui fait le fondement de la théorie de Brücke.

Brücke, A. Prévost et Brewster expliquent la perception du relief par des changements rapides de convergence optique, au moyen desquels les différentes parties des deux images dissemblables du même objet ou des deux vues stéréoscopiques sont successivement réunies deux à deux. Dans les figures à traits pleins de M. Pictet, par exemple, quand les plus petits triangles sont réunis, les lignes des plus grands triangles sont légèrement dédoublées, et quand, avec une moindre convergence, ce sont les plus grands triangles qui se trouvent être exactement superposés, les plus petits triangles sont dédoublés. Ainsi

les variations dans le degré de la convergence sont nécessaires pour combiner successivement ensemble, deux à deux, les différentes parties des vues. Le déplacement du point de vue en avant et en arrière produit précisément un fait que l'on observe dans la vision naturelle, à savoir qu'en regardant alternativement des objets plus ou moins éloignés, ou bien des parties plus ou moins éloignées d'un même objet on fait naître l'impression du relief.

Il n'est personne parmi ceux qui ont analysé soigneusement les impressions reçues, soit dans la vision naturelle, soit dans la combinaison stéréoscopique des vues qui puisse douter un instant qu'il n'y ait dans tous les cas des changements de convergence optique, nécessaires pour unir les différentes parties d'une vue stéréoscopique ou d'un objet naturel, et que l'idée de Wheatstone d'une *combinaison mentale de vues ou d'images dissemblables*, bien que soutenue encore par de grands noms *ne soit erronée*. Pour moi personnellement, le fait que les lignes du premier plan d'une vue stéréoscopique se dédoublent, tandis que je regarde l'arrière-plan et vice versâ est aussi clair que n'importe quel autre phénomène de la vision. Il en est de même pour moi quand je regarde des corps matériels. Il m'est impossible de douter de ce que je vois si clairement. Brücke et Prevost ont donc certainement *raison* en insistant contre Wheatstone sur l'impossibilité d'une fusion complète et simultanée de toutes les parties d'une vue stéréoscopique ou d'un objet, au même moment; mais ils ont, je crois certainement *tort* en insistant sur ce que *les changements de convergence oculaire* sont absolument nécessaires pour la perception du relief. Il est possible de percevoir le relief *en regardant fixement un point* dans une vue stéréoscopique ou dans un paysage. L'expérience souvent citée de Dove semble





prouver qu'on peut percevoir distinctement le relief stéréoscopique à la lueur d'une *étincelle électrique* qui, suivant la célèbre expérience de Wheatstone, ne dure que $^1/_{24000}$ de seconde [1], et il est impossible de supposer que, pendant ce temps, un *changement* quelconque de convergence optique puisse avoir lieu. Je crois que la distance relative des objets peut être perçue distinctement à la lueur d'un éclair qui, d'après Arago, dure moins de $^1/_{1000}$, et, d'après Rood, $^1/_{500}$ de seconde [2]. Ces faits semblent prouver que le relief stéréoscopique est perçu *instantanément* et sans changement de convergence optique.

Ce point est d'une importance capitale dans la théorie de la vision binoculaire. La *perception instantanée du relief est évidemment fatale à la théorie de Brücke.* Pour cette raison, j'ai fait récemment, avec l'aide de mon frère, le prof. John Le Conte, une série d'expériences destinées à en vérifier l'exactitude. Ces expériences confirment entièrement les résultats trouvés par Dove et établissent d'une manière certaine la perception instantanée du relief.

L'appareil dont je me suis servi était une bobine d'induction de Ritchie de première classe, capable de produire facilement des étincelles de 12 pouces de longueur. L'interrupteur était de telle nature que la rapidité des étincelles était complétement sous le contrôle de l'expérimentateur. Une bouteille de Leyde était introduite dans le circuit, afin d'augmenter l'éclat des étincelles. Les étincelles étaient lon-

[1] Je donne ce chiffre sur l'autorité de M. de la Rive. Il est sûrement exact. Il est surprenant que le plus grand nombre des physiciens aient commis l'erreur de donner pour la durée de l'étincelle électrique $^1/_{1000000}$ de seconde au lieu de $^1/_{24000}$ de seconde, ainsi que l'a prouvé l'expérience de Wheatstone. Mais $^1/_{1000000}$ de seconde est le *temps nécessaire au transport* du fluide électrique d'une électrode à l'autre, et non pas celui de la durée de l'étincelle.

[2] Arago, *Œuvres complètes*, tome IV, p. 70. — Rood, *Am. Journal*, III, vol. 1, p. 13.

gues de 1 ou 2 pouces. Je choisis des images stéréoscopiques dans lesquelles il n'y avait d'*autre* perspective que celle résultant du stéréoscope ; de sorte qu'avec *un seul œil* on ne pouvait percevoir aucun relief. Ce sont des esquisses de figures géométriques qui remplissent le mieux le but.

Je regardai d'abord ces images dans un stéréoscope à la lueur d'une *succession rapide d'étincelles*, jusqu'à ce que la combinaison stéréoscopique fût parfaite. Je fis ensuite produire les étincelles séparément à de longs intervalles, et le relief était encore parfaitement distinct. En fermant un œil et avec une série d'étincelles, le relief disparut ; au moment où on le rouvrit, le relief reparut immédiatement.

J'essayai ensuite une combinaison à l'œil nu, en louchant. Cette méthode écarte toute erreur provenant de n'importe qu'elle autre espèce de perspective, puisque, ainsi que nous l'avons déjà établi et complétement expliqué dans un précédent mémoire [1], la perspective binoculaire est dans ce cas *renversée* et doit pour cette raison l'emporter sur toutes les autres formes là où elles existent. Avec une succession rapide d'étincelles la combinaison était facile et la perspective renversée parfaite. Quand il y avait de longs intervalles entre les étincelles, *la perspective était encore nette et on ne pouvait pas s'y méprendre*. Le relief disparaissait quand on fermait un œil et reparaissait lorsqu'on le rouvrait.

Dans mes premières expériences faites avec l'une ou l'autre de ces méthodes, mais particulièrement avec la dernière, il était nécessaire d'employer une *succession rapide* d'étincelles pour obtenir la combinaison. Le bon agencement des axes une fois obtenu pouvait être facile-

[1] *Amer. Journal*, III, vol. 2, p. 1, juillet 1871.





ment conservé pendant les intervalles d'obscurité, quand on en venait à produire les étincelles plus lentement. Avec un peu de pratique cependant la rapide succession des étincelles n'était plus nécessaire. La combinaison était effectuée et le *relief stéréoscopique perçu avec de simples éclairs seulement.*

J'essayai enfin la vision naturelle. Deux petits boutons de laiton furent disposés l'un derrière l'autre à une distance de cinq à six pieds et séparés par un espace d'un pied environ : tantôt ils étaient placés tous les deux dans la ligne médiane, tantôt l'un des deux y demeurant, l'autre était mis un peu en dehors, mais dans tous les cas on avait soin de les arranger de façon à ce que *leur distance relative ne pût pas être appréciée par la vision monoculaire,* même de plein jour. A la rapide lueur de l'étincelle et avec les deux yeux leur distance relative pouvait être immédiatement appréciée, avec un seul œil elle ne le pouvait pas. Cette expérience fut variée de diverses manières, mais toujours avec le même résultat.

La combinaison stéréoscopique à l'œil nu obtenue en louchant demande une très-grande pratique, même en plein jour, à plus forte raison avec l'étincelle électrique. Toutes les *autres* expériences ont été répétées par mon frère et mes résultats ont été confirmés.

M. Pictet a *raison* de considérer l'expérience de Dove ou la perception instantanée du relief comme fatale à la théorie de Brücke, mais il a *tort* de penser qu'elle confirme la sienne. L'objection s'applique également aux deux. Dans les deux cas on juge d'après la comparaison d'images ou de dessins dissemblables, et cela ne peut faire aucune différence que les images soient toutes les deux réelles ou toutes les deux illusoires, ou que l'une soit réelle et l'autre illusoire, puisque, selon M. Pictet,

l'image d'illusion se comporte sous tous les rapports et dans toutes les circonstances de même que l'image réelle de l'autre œil. Il n'indique aucun autre principe ou mode de comparaison.

La seule explication vraie de la perception instantanée du relief est, je crois, celle que j'ai donnée dans mon article sur les phénomènes stéréoscopiques, publié dans le numéro de juillet du *Journal Américain* [1]. Comme je l'ai dit déjà (3), tous les objets ou les points, qu'ils soient placés au delà ou en deçà du point de vue, sont doublés, mais différemment ; les premiers *homonymiquement*, les derniers *hétéronymiquement ;* les images doubles sont amenées à coïncider pour les premiers par une *plus petite*, et pour les derniers par une *plus grande* convergence optique.

Maintenant l'observateur sait, *instinctivement et sans en faire l'épreuve* dans tous les cas d'images doubles, *si elles seront unies par une plus grande ou par une plus petite convergence,* et par conséquent ne se trompe jamais, et ne tente jamais de les réunir par un mauvais déplacement des axes optiques. En d'autres termes, *l'œil distingue instinctivement entre les images homonymiques et les images hétéronymiques rapportant les premières aux points ou aux objets placés au delà, et les dernières aux points ou aux objets placés en deçà du point de vue.* Ma propre théorie sur le relief stéréoscopique est celle-ci : l'œil perçoit le relief instantanément au moyen des images doubles, ainsi que nous venons de l'expliquer, mais la perception est rendue plus claire par les *changements* de convergence optique qui font mouvoir le point de vue en avant et en arrière, et par la combinaison successive des différentes parties de l'objet ou du dessin comme le pensent Brücke et Prevost.

[1] *Amer. Journal,* III, vol. 2, p. 1.



Quant à ce qui est des mérites relatifs des deux théories nativistique et empiristique, c'est-à-dire pour ce qui est de savoir si les points correspondants sont tels dès la naissance ou s'ils le deviennent par l'expérience, je suis tout à fait de l'avis de Donders, qu'il y a du vrai dans les deux opinions. Dans une lettre au prof. Tyndall, publiée dans le *Phil. Mag.*, avril 1871, au sujet de la question de savoir si la « *loi de direction* » était naturelle ou acquise, j'ai dit que l'instinct n'est rien que de « *l'expérience héréditaire*[1]. » La même remarque s'applique à la loi des points correspondants. Elle est acquise par l'expérience des générations successives, transmise par la loi héréditaire et rendue plus parfaite par l'expérience individuelle. L'expérience héréditaire est plus grande chez les animaux inférieurs et l'expérience individuelle plus grande chez l'homme. Elle est par conséquent en grande proportion instinctive chez l'homme et bien plus encore chez les animaux inférieurs. Cela équivaut sans doute à dire qu'il y a *dans les centres nerveux un arrangement structural qui détermine la vision simple par les points correspondants.* Mais on ne pourra jamais vérifier que par une étude anatomique s'il y a, comme le suppose Müller, une fusion des fibres correspondantes, ou s'il y a, comme le pense M. Pictet, une réflexion d'images d'un œil à l'autre, et même si de cette manière on arrivait à prouver cette réflexion, *on ne pourrait jamais la montrer dans aucun phénomène visuel,* puisque d'après cette théorie toute image d'illusion doit être absolument identique à une image réelle perçue par l'autre œil et dont elle est inséparable.

[1] Je ne connaissais pas encore à ce moment-là l'idée analogue de Hering, que l'instinct est une « *mémoire héritée.* »

SUR LA

POLARISATION DE LA COURONNE SOLAIRE

PAR

M. P. BLASERNA

(Extrait d'une lettre à M. Émile Gautier.)

Palerme, 15 juillet 1871.

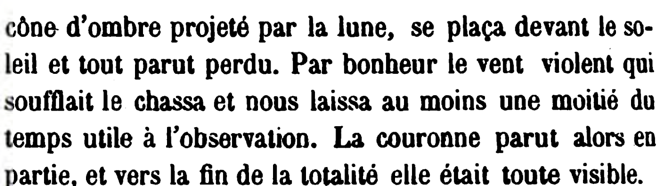
Vous savez que lors de l'éclipse totale du 22 décembre 1870, j'ai été chargé des observations sur la polarisation de la couronne. Je me suis servi à cet effet d'un polariscope Savart, qui avait une bonne tourmaline très-transparente et qui était adapté à l'oculaire d'une lunette terrestre grossissant environ trente fois.

En présence des résultats contradictoires qu'on avait obtenus dans de précédentes occasions, je m'attendais à un phénomène très faible, où la personnalité de l'observateur jouerait un grand rôle. C'est pour cette raison que je choisis le polariscope de Savart comme étant le plus sensible et d'un usage simple et rapide, quoiqu'il ait l'inconvénient de n'indiquer que difficilement si le plan de maximum des franges marque le plan de polarisation ou un plan perpendiculaire à celui-ci. L'appareil était en réalité très sensible, et je me suis assuré, par des observations préalables nombreuses, qu'il donnait des indications tout à fait précises.

Nous étions installés sur les terrasses du vieux château d'Augusta. Le temps était assez favorable. Mais un moment avant le commencement de la totalité, un petit *cirrus*, formé par la condensation de la vapeur d'eau dans le







cône d'ombre projeté par la lune, se plaça devant le soleil et tout parut perdu. Par bonheur le vent violent qui soufflait le chassa et nous laissa au moins une moitié du temps utile à l'observation. La couronne parut alors en partie, et vers la fin de la totalité elle était toute visible.

Voici en détail les observations que j'ai faites. Appelons Nord le point le plus élevé, Sud le plus bas du disque solaire ou lunaire, Est et Ouest les points le plus à gauche et le plus à droite, situés à 90° des premiers et tels qu'on les voit à l'œil nu ou avec une lunette redressant les images. Tant que se montrèrent encore quelques rayons directs, ni le soleil, ni la lune, ni les régions voisines ne donnèrent aucune trace de polarisation. Pendant la totalité, j'examinai d'abord le point Est. La polarisation était très forte ; ces franges, dans leur maximum, étaient tangentes au disque lunaire, et en tournant le polariscope de 90°, elles existaient aussi dans le sens du rayon. Je dirigeai alors la lunette dans le sens horizontal à la distance d'un diamètre et demi de la lune : il ne se trouvait là aucune trace de polarisation. En retournant au point Est, le phénomène se manifesta comme auparavant. J'examinai ensuite le point Sud-Est. La polarisation avait la même intensité, les franges au maximum étaient tangentes au bord lunaire, et à un diamètre et demi de distance il n'y avait aucune trace de polarisation. Pour le point Sud, la même chose : les franges au maximum étaient tangentes, et à un diamètre et demi au-dessous de la lune pas de polarisation. Enfin je me mis à observer le point Ouest ; mais je n'avais pas encore déterminé le plan du maximum des franges, lorsque le premier rayon direct du soleil jaillit comme une étincelle électrique, et tout le phénomène : couronne, polarisation, etc., disparut

comme par enchantement et d'une manière complète. Je cherchai alors à me rendre compte de l'intensité de la polarisation observée, et j'ai trouvé que *l'intensité de la polarisation de la couronne est à peu près égale à celle qu'on observe dans l'air atmosphérique, par une journée claire, à 50 degrés de distance du soleil.*

Mes observations peuvent donc se résumer ainsi : La couronne est fortement polarisée dans le sens de la tangente, ou du rayon du soleil. Il n'est pas douteux que la dernière thèse ne soit la vraie ; mais mon appareil ne permettait pas de distinguer entre les deux alternatives en un temps aussi court. Je dois encore ajouter que j'ai vu aussi les franges sur la lune, notamment près du bord.

Je crois que ces observations prouvent clairement l'existence de la couronne, et aussi que celle-ci reçoit, au moins en grande partie, sa lumière de la photosphère.

Vous savez que M. Pickering a nié la polarisation de la couronne en se fondant sur des observations faites par lui en Amérique en 1869. J'ai vu avec plaisir que dans ses observations de 1870, en Espagne, en se servant de nouveaux instruments, M. Pickering est arrivé à peu près aux mêmes résultats que moi, tandis que son aide, M. Ross, qui avait le même instrument dont s'était servi M. Pickering en Amérique, a donné des indications semblables à celles trouvées, en 1869, par M. Pickering lui-même. Ceci prouve avec une certaine évidence que le premier instrument de M. Pickering était défectueux. La polarisation radiale a été observée aussi par presque tous les observateurs en 1870. MM. Langley et Lewis, en Espagne, M. Ranyard, en Sicile, l'ont constatée d'une manière catégorique.

Vous savez aussi qu'on a essayé de restreindre con-





sidérablement la couronne et d'en considérer la plus grande partie comme provenant d'une réfraction terrestre.

On a réuni les deux questions de la polarisation et de l'existence de la couronne, mettant le tout sur le compte de notre atmosphère. Il est bien difficile d'admettre que la réfraction atmosphérique puisse produire un phénomène d'un diamètre aussi considérable; car la hauteur de la couronne ne peut plus être estimée au-dessous de 8 à 10 minutes. Mais si on voulait même admettre cette possibilité par des causes encore inconnues, la polarisation de la couronne empêche cette hypothèse. Les rayons directs ne sont pas polarisés; avant et après la phase de totalité, je n'ai vu aucune trace de polarisation ni dans les rayons directs ni dans leur voisinage. Pour trouver un effet égal en intensité à celui de la couronne, il faut diriger le polariscope à au moins 50 degrés du soleil. Comment donc expliquer une intensité aussi considérable par une réfraction où le rayon réfracté s'écarte de 10 minutes ? Et si même cette polarisation pouvait avoir une pareille origine, elle ne pourrait être radiale par rapport au soleil, parce que les différents points du soleil sont, par rapport à notre atmosphère, dans des conditions identiques. Le plan de polarisation serait alors unique, et la polarisation irait en croissant à mesure qu'on s'éloigne du soleil proprement dit, ce qui n'est pas le cas.

Il s'en suit que la couronne existe réellement et qu'elle est polarisée par réflexion de la photosphère. J'estime sa hauteur à au moins 8 minutes; mais je considère ce nombre comme une limite inférieure, vu l'état du ciel, qui ne permettait d'observer que la partie la plus prononcée.

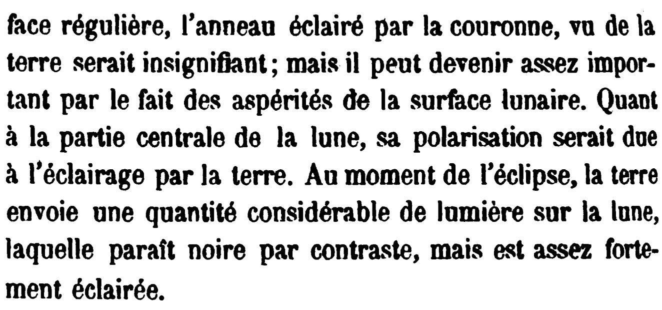
Ces conclusions ne sont pas en désaccord avec celles auxquelles est arrivée la spectroscopie. Il paraît que dans

l'atmosphère solaire il y a des vapeurs incandescentes, notamment du fer. Une grande partie de l'atmosphère solaire est formée de gaz assez froids, sans lumière propre. Ils sont éclairés par la photosphère, donnent un spectre continu et présentent le phénomène de la polarisation. Mais on conçoit très bien qu'il puisse s'y trouver des matières incandescentes, soit à l'état permanent, soit à l'état variable. La chute de météores, peut-être des aurores boréales, quelquefois de violentes éruptions d'hydrogène, suffisent pour expliquer le phénomène.

Quant à la polarisation, on peut la reproduire facilement par une expérience de cabinet, qui me paraît assez instructive. On prend un cône en papier, à axe horizontal. On place dans son intérieur une lampe et en avant une boule en bois à surface rugueuse. La boule représente la lune, la lampe le soleil, le cône la couronne. On regarde le tout avec la lunette polariscope, en se plaçant à une certaine distance et dans l'obscurité. On voit alors parfaitement la polarisation radiale; on voit aussi les franges de polarisation se continuer sur la boule près de ses bords. et si on éclaire la boule faiblement par devant, de façon que, vue dans la lunette, elle paraisse toujours encore noire, on voit une trace de polarisation sur toute la boule. Le phénomène devient plus beau si, au lieu d'une lampe ordinaire, on emploie pour soleil une lampe à magnésium, ou la lumière solaire en la concentrant derrière la boule avec des lentilles à court foyer.

Cette expérience prouve que le prolongement des franges sur les bords de la lune est dû à l'action directe des rayons de la couronne. Celle-ci a un diamètre apparent beaucoup plus grand que celui de la lune dont elle éclaire les bords. Il est vrai que si la lune avait une sur-





face régulière, l'anneau éclairé par la couronne, vu de la terre serait insignifiant; mais il peut devenir assez important par le fait des aspérités de la surface lunaire. Quant à la partie centrale de la lune, sa polarisation serait due à l'éclairage par la terre. Au moment de l'éclipse, la terre envoie une quantité considérable de lumière sur la lune, laquelle paraît noire par contraste, mais est assez fortement éclairée.

La question de la polarisation de la lune est très-intéressante et fera certainement l'objet de nombreuses recherches à l'occasion de l'éclipse du prochain mois de décembre. Je regrette vivement que notre gouvernement n'ait pas pu se résoudre à envoyer une commission en Australie. J'aurais désiré étudier cette question avec une lunette grossissant 60 à 80 fois et un instrument de Savart, qui demeure toujours le meilleur polariscope. En tout cas, je crois que l'expérience précitée jette beaucoup de lumière sur une question qui paraissait embrouillée et qui a faussé en partie la direction des études à faire. Je crois qu'on peut affirmer sans crainte *que la polarisation du bord de la lune est probablement due à l'illumination directe de la couronne, et celle de la partie intérieure et centrale, à la réflexion de la terre.*

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

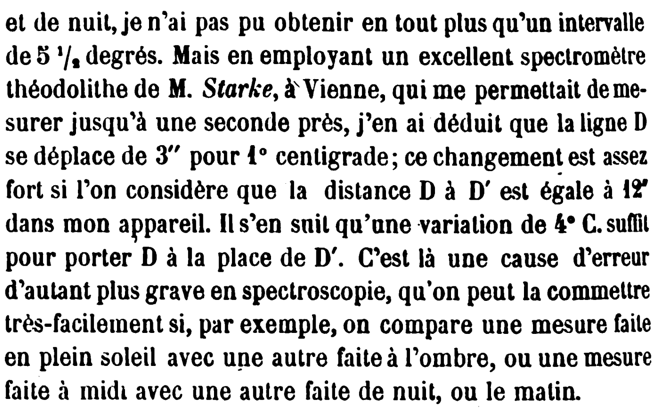
P. Blaserna. Déplacement des raies du spectre sous l'action de la température du prisme. (Lettre à M. E. Gautier.)

Je vous communique encore un fait qui n'est pas sans importance pour la spectroscopie. En étudiant le spectre solaire avec un prisme de sulfure de carbone, je remarquai que les lignes de Fraunhofer se déplaçaient notablement par de petits changements de température. Le fait n'est pas nouveau pour les liquides ; il a été observé dans le laboratoire de Verdet. Quant à l'indice de réfraction, on sait depuis longtemps qu'il change avec la température.

Mais pour les solides, on supposait généralement que ces changements étaient insignifiants. J'ai eu donc l'idée d'opérer sur la substance la plus importante pour la spectroscopie et je me suis servi d'un prisme en flint de M. Duboscq. Les déplacements des lignes sont beaucoup plus faibles, mais nettement visibles. On peut s'en assurer facilement en chauffant le prisme au soleil, ou ailleurs, en le plaçant ensuite rapidement dans le spectroscope situé à l'ombre et en pointant une ligne quelconque. A mesure que le prisme se refroidit, la ligne se déplace, avec cette différence pour le verre que *la déviation augmente quand la température diminue*, tandis que pour le sulfure de carbone on observe le contraire. Quand la température du prisme n'est pas uniforme, les lignes de Fraunhofer se troublent et deviennent peu visibles.

Pour mon prisme de 60° en flint, j'ai mesuré les déplacements de la double raie du sodium ; mais les mesures embrassent un petit intervalle de température. Pour vous donner une idée de notre climat, je vous dirai que, pendant six semaines, et en prenant les heures les plus favorables de jour





et de nuit, je n'ai pas pu obtenir en tout plus qu'un intervalle de $5\,{}^1/_2$ degrés. Mais en employant un excellent spectromètre théodolithe de M. *Starke*, à Vienne, qui me permettait de mesurer jusqu'à une seconde près, j'en ai déduit que la ligne D se déplace de 3″ pour 1° centigrade; ce changement est assez fort si l'on considère que la distance D à D′ est égale à 12′ dans mon appareil. Il s'en suit qu'une variation de 4° C. suffit pour porter D à la place de D′. C'est là une cause d'erreur d'autant plus grave en spectroscopie, qu'on peut la commettre très-facilement si, par exemple, on compare une mesure faite en plein soleil avec une autre faite à l'ombre, ou une mesure faite à midi avec une autre faite de nuit, ou le matin.

Il n'y a donc qu'une seule bonne méthode de comparaison spectroscopique: c'est celle de la superposition des spectres. Dans les autres cas, il faut graduer son spectroscope et déterminer souvent la température, chose bien difficile quand on observe, par exemple, le Soleil. C'est bien pour cela que plus d'une mesure spectroscopique aura besoin d'être refaite

---

J.-J. MULLER. DAS GRUN, etc. LE VERT DES FEUILLES. (*Pogg. Ann.*, tome CXLII, p. 615.)

Ayant comparé le spectre fourni par la lumière verte transmise à travers une feuille fraîche de diverses plantes avec le spectre d'absorption bien connu des dissolutions de chlorophylle, M. Müller reconnut que les deux spectres diffèrent entièrement l'un de l'autre. Le spectre des feuilles est continu, seulement fort rétréci et ne s'étendant qu'entre les lignes B et F de Fraunhofer. Il ne présente pas la moindre trace des bandes d'absorption de la chlorophylle. Cette substance doit donc se trouver dans les feuilles fraîches dans un état d'agrégation ou de combinaison tout différent que dans les dissolutions sur lesquelles on opère ordinairement. Les feuilles de plantes différentes donnèrent le même résultat. E. S.

L. Hermann. Ueber die electromotorische Kraft, etc. Sur la force électromotrice de l'induction dans des conducteurs liquides. (*Pogg. Ann.*, tome CXLII, p. 586.)

En vue d'expériences de physiologie sur l'excitation des nerfs au moyen de décharges d'induction, M. Hermann a recherché si la force électromotrice des courants d'induction développés dans un conducteur liquide est la même que dans le cas d'un conducteur solide quelconque, toutes conditions égales d'ailleurs.

Dans ses expériences, le conducteur liquide consistait en un tuyau de caoutchouc de près de deux mètres de long, rempli d'une dissolution de sulfate de zinc et fermé à ses deux extrémités par des bouchons en zinc amalgamés. L'on enroulait alternativement autour d'un cylindre creux disposé dans l'espace interpolaire d'un gros électro-aimant de Ruhmkorff et formé par des prolongements cylindriques adaptés aux deux pôles, le tube de caoutchouc, ou une portion du conducteur métallique du même circuit ou tous deux ensemble, soit dans le même sens, soit en sens opposés. Une boussole de Wiedemann était introduite dans le circuit. La déviation de cette boussole était la même lorsque l'induction se développait dans la portion liquide du circuit que lorsqu'elle se développait dans une portion équivalente du conducteur métallique. Elle était doublée lorsque l'induction se développait dans le même sens dans ces deux portions, nulle quand l'induction était de sens contraire dans les deux. M. Hermann en conclut que *la force électromotrice des courants induits est complétement indépendante de la nature du conducteur, soit solide soit liquide, dans lequel elle se développe.* E. S.



CHIMIE.

A. Ditte. Chaleur de combustion du magnésium, de l'indium, du cadmium et du zinc. — De l'influence qu'exerce la calcination de quelques oxydes métalliques sur la chaleur dégagée pendant leur combinaison. (*Compte rendu de l'Académie des sciences*, tome LXXII, p. 858; tome LXIII, p. 108 et 111.)

Nous avons reproduit [1] la première partie des communications de M. Ditte, relative aux chaleurs de combustion du magnésium et du zinc. Nous nous bornerons à indiquer les résultats, rapportés dans des notices subséquentes, relativement aux chaleurs de combustion du cadmium et de l'indium, que ce savant a déterminées par les mêmes méthodes, et nous les ferons suivre de quelques observations sur l'ensemble de ce travail.

L'auteur remarque d'abord que la différence entre le nombre 42451 calories, obtenu par M. Favre pour la combustion du zinc, et le sien, 44258, peut s'expliquer par une différence dans la préparation de l'oxyde de ce métal. Il a constaté, en effet, que la chaleur dégagée par la dissolution d'un oxyde dans un acide varie avec le degré de calcination auquel il a été soumis.

Ainsi il a trouvé pour la chaleur de dissolution d'un équivalent d'oxyde de zinc dans l'acide sulfurique :

Oxyde préparé à 350 degrés.	10012$^{cal.}$
Oxyde porté quelques instants au rouge sombre.	11155
Oxyde maintenu une heure au rouge blanc. . .	12288

La chaleur de combustion de l'indium a été obtenue, comme celle du zinc, en comparant les chaleurs dégagées par la dissolution dans l'acide sulfurique du métal et de son oxyde. Il faut seulement que le métal soit en contact avec du platine pour que sa dissolution s'opère. On a obtenu :

[1] Voyez *Archives*, tome XLI, page 344.

Chaleur de dissolution de l'indium métallique. .	49039cal
» » de l'oxyde d'indium. . .	11537
Chaleur de combustion de l'indium	37502

Ces nombres sont rapportés à un équivalent (35,9).

Le cadmium n'attaquant pas à froid les dissolutions d'acide sulfurique, ni celles d'acide chlorhydrique, l'auteur a dû recourir à l'action de l'acide iodique, en opérant comme il l'avait indiqué pour le magnésium dans le mémoire précédent. Il a obtenu ainsi pour la chaleur de combustion d'un équivalent de cadmium (56) 15231 calories.

Il résulte de ces recherches que la chaleur de combustion diminue rapidement en passant du magnésium au zinc, puis à l'indium et enfin au cadmium. Ces différences expliquent celles que l'on observe dans l'énergie des phénomènes qui accompagnent la combustion vive de ces métaux, dans la difficulté toujours plus grande que l'on éprouve à décomposer l'eau par ces métaux et dans la facilité croissante, au contraire, avec laquelle leurs oxydes peuvent être réduits par l'hydrogène ou le charbon.

L'auteur résume enfin dans un tableau les principales propriétés de ces métaux et montre par là que sous tous les rapports ils se rangent dans le même ordre [1]. Ces propriétés comprennent la densité, l'équivalent chimique, la chaleur spécifique, les températures de fusion et de volatilisation et la chaleur de combustion.

Les résultats des expériences de M. Ditte sont surtout intéressants au point de vue des différences observées dans les chaleurs de dissolution des oxydes métalliques, suivant qu'ils

[1] Il est singulier que l'auteur n'ait pas connaissance de la détermination de la chaleur spécifique de l'indium par M. Bunsen (*Poggend. Annalen*, tome 141, page 1), très différente de celle qu'il lui attribue théoriquement, et qui prouve que le poids atomique de ce métal est de 56,7 au lieu de 37,8, que son oxyde est un sesquioxyde, et que l'indium n'appartient en aucune façon au groupe des métaux magnésiens. (C. M.)



ont été plus ou moins fortement calcinés. A cet égard on peut bien dire que, s'ils sont exacts, ils sont en contradiction absolue avec les idées théoriques admises jusqu'ici.

Il semblait, en effet, résulter des observations antérieures que, lorsqu'un corps est modifié dans sa constitution moléculaire par l'action d'une forte chaleur, le rapprochement des molécules qui en est la conséquence est accompagné d'une élimination de calorique, d'où résulte une diminution de la chaleur spécifique et de la chaleur de combinaison. Il paraissait également bien établi que les réactions chimiques se passent avec d'autant plus de facilité et d'énergie qu'elles sont accompagnées d'un plus grand dégagement de chaleur. Par ces deux motifs, on pouvait croire qu'un oxyde métallique devrait dégager d'autant moins de chaleur, en se combinant avec les acides, qu'il aurait été plus fortement calciné, et serait devenu par là plus difficilement attaquable, tandis que les expériences de M. Ditte prouveraient absolument le contraire.

Bien que l'attention des physiciens et des chimistes se soit souvent dirigée depuis quelques années sur ces questions, nos connaissances en thermochimie sont encore bien peu avancées. La difficulté d'en établir les lois tient peut-être moins à l'absence d'un nombre suffisant de faits qu'à l'impossibilité de concilier une foule d'observations fort peu concordantes, souvent même contradictoires. Il serait de la plus haute importance maintenant, non de multiplier les observations, mais de n'en apporter aucune qui ne fût établie par les preuves les plus rigoureuses.

Sous ce rapport, et sans vouloir diminuer en rien le mérite réel du travail de M. Ditte, il me semble qu'il aurait dû multiplier davantage ses expériences et chercher peut-être à en varier les conditions pour mettre hors de doute les faits singuliers qu'il a observés.

L'emploi du calorimètre à mercure a soulevé depuis quelques années de graves objections ; d'un autre côté, cet appa-

reil, imaginé par d'éminents physiciens, MM. Favre et Silbermann, a été défendu récemment en France par un des savants les plus autorisés [1].

Très-ingénieux et très-commode, très-convenable peut-être pour l'étude des réactions qui donnent lieu à des effets calorifiques considérables, cet appareil me paraît moins propre à l'étude de celles qui ne produisent que des dégagements de chaleur modérés, soit parce qu'il ne permet d'opérer que sur de trop faibles proportions de matière, soit parce que la transmission d'une faible quantité de chaleur à une très-grande masse en rend la mesure plus incertaine.

Je crois qu'en pareil cas on a une plus grande garantie d'exactitude en mesurant directement, avec un thermomètre très-sensible, la variation de température du liquide au sein duquel se passe la réaction.

Mais ce n'est pas le cas de discuter ici la valeur de la méthode suivie par M. Ditte; car, il faut bien le reconnaître, il n'avait pas le choix. Les réactions qu'il se proposait d'étudier ne s'accomplissent pas instantanément; dès lors l'observation directe de la variation de température du liquide n'est plus guère applicable, attendu qu'elle exigerait des corrections trop considérables pour éliminer l'influence des causes extérieures. Dans ce cas, sauf la méthode si ingénieuse décrite récemment par M. Bunsen [2], mais qui malheureusement exige des conditions atmosphériques qui ne se rencontrent pas en tout climat, je n'en connais pas de préférable à l'emploi du calorimètre à mercure.

Malheureusement il n'a pas été fait jusqu'ici, ou du moins il n'a pas été publié, à ma connaissance, une étude assez complète du degré de précision que peuvent atteindre les indications de cet appareil, pour que l'on puisse juger du degré de confiance qu'elles méritent.

[1] M. Sainte-Claire Deville. (*Bulletin de la Société chimique*, t. XIV, p. 5.)

[2] *Poggend. Annalen*, tome 141, p. 1, et *Archives*, tome XL, p. 25.

C'est pour cela que je regrette que l'auteur n'ait pas multiplié et varié ses expériences de manière à écarter les doutes que l'on peut concevoir. Chacune de ses expériences a été en général répétée deux fois, et l'accord est toujours satisfaisant ; mais elles l'ont toujours été avec la même quantité de matière, tandis qu'il eût été très-important, au contraire, de s'assurer si l'effet calorifique eût été proportionnellement le même pour des poids deux ou trois fois plus considérables.

Il aurait fallu aussi constater que la durée de la réaction n'exerce aucune influence sur les indications de l'instrument. Des trois variétés d'oxyde de zinc examinées par l'auteur, l'une se dissout instantanément, la seconde exige trois minutes, la troisième quinze. Ne pourrait-on pas supposer qu'une même quantité de chaleur, se dégageant dans des temps si différents, ne fût pas toujours transmise aussi complétement au calorimètre. Il y aurait eu un grand intérêt à chercher à rapprocher la durée de ces réactions, s'il était impossible de les ramener à une égalité absolue ; peut-être pourrait-on y parvenir en faisant varier le degré de concentration de l'acide dans lequel on fait dissoudre ces divers oxydes. Il serait facile, d'ailleurs, de corriger ensuite les résultats obtenus, pour tenir compte de la différence dans l'état de dilution des sels.

Une série d'expériences relatives à la dissolution d'un même poids de métal, employé à divers degrés de division, aurait facilement démontré si l'on pouvait réellement négliger, comme l'a fait l'auteur, cette influence de la durée plus ou moins grande des réactions qu'il s'agit de comparer.

Tant que des expériences, instituées ainsi méthodiquement, n'auront pas été exécutées, je crois que les résultats annoncés par M. Ditte ne seront accueillis qu'avec beaucoup de doute. Or ils seraient certainement assez importants pour mériter d'être établis sans contestation. C. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1871.

Le 3 et 4, gelée blanche le matin.

6, gelée blanche le matin ; halo solaire partiel dans l'après-midi.

7, gelée blanche le matin ; hâle dans la journée.

8, gelée blanche le matin.

9, halo solaire dans la matinée.

12, rosée le matin.

19, forte rosée le matin ; il a neigé sur le Grand Salève dans la nuit du 19 au 20.

24, 25, 26, forte rosée le matin ; halo solaire dans la matinée du 26.

28, halo lunaire dans la soirée.

29, rosée le matin ; à 6 h. soir tonnerres à l'Ouest ; plus tard, dans la soirée, éclairs à l'Est.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 2 à 10 h. matin	727,32
7 à 8 h. matin	728,45
12 à 8 h. matin	731,88
16 à 8 h. soir	725,66
22 à 10 h. matin	729,95
26 à 8 h. matin	727,69
28 à 10 h. matin	728,63

MINIMUM.

	mm
Le 1 à 4 h. après m.	724,32
3 à 2 h. après m.	724,03
9 à 4 h. après m.	722,01
14 à 10 h. soir	719,[illegible]
19 à 6 h. soir	716,[illegible]
23 à midi	722,[illegible]
27 à 2 h. après m.	724,62
29 à 4 h. après m.	720,60

	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	725,12	+ 0,72	+ 2,79	—3,97	— 3,0	+ 7,0	4,02	—1,14	725	+ 2	480	930	0,2	1	S. 1	0,93	5,6	— 1,7	119
2	726,80	+ 2,40	+ 4,88	—2,02	+ 1,2	+ 9,8	3,86	—1,35	618	—104	400	750	...	...	variable	0,87	—	—	119
3	725,19	+ 0,79	+ 6,01	—1,02	— 2,2	+13,4	4,12	—1,14	607	—114	350	870	...	...	SO. 1	0,78	6,5	— 1,0	118
4	726,26	+ 1,86	+ 7,86	+0,69	— 0,5	+14,9	4,33	—0,98	564	—157	400	910	...	...	SO. 1	0,61	6,7	— 0,8	117
5	727,09	+ 2,68	+ 6,63	—0,67	+ 2,5	+11,0	4,03	—1,32	592	—128	400	950	...	...	variable	0,37	6,7	— 0,9	117
6	727,29	+ 2,88	+ 6,30	—1,14	— 0,1	+12,4	4,54	—0,86	652	— 67	400	920	...	...	variable	0,13	7,1	— 0,6	117
7	727,41	+ 3,00	+ 6,79	—0,78	+ 1,1	+11,9	5,38	—0,07	730	+ 12	560	880	...	...	variable	0,13	7,7	— 0,1	117
8	726,30	+ 1,89	+10,54	+2,83	+ 2,6	+18,8	5,55	+0,05	614	—104	320	900	...	...	variable	0,19	8,3	+ 0,4	116
9	723,25	— 1,17	+11,40	+3,55	+ 5,9	+18,0	6,23	+0,68	640	— 77	420	830	...	...	S. 1	0,70	—	—	116
10	723,63	— 0,79	+ 8,61	+0,62	+ 7,9	+14,0	7,41	+1,81	877	+161	690	1000	4,9	5	variable	0,86	8,3	+ 0,3	116
11	728,43	+ 4,01	+ 9,50	+1,37	+ 5,0	+14,8	5,99	+0,34	708	— 7	410	1000	...	...	variable	0,38	8,5	+ 0,4	116
12	731,23	+ 6,81	+11,08	+2,81	+ 3,1	+19,1	6,63	+0,94	668	— 46	490	900	...	...	variable	0,73	8,6	+ 0,4	116
13	729,78	+ 5,36	+14,55	+6,14	+10,6	+20,0	7,62	+1,88	631	— 63	390	980	2,3	3	SSO. 1	0,80	9,7	+ 1,4	116
14	722,89	+ 1,54	+12,51	+3,96	+ 8,6	+17,4	6,83	+1,04	651	— 62	480	850	...	...	N. 1	0,18	9,0	+ 0,6	116
15	722,73	— 1,70	+11,38	+2,69	+ 9,3	+15,6	7,40	+1,56	761	+ 49	530	880	11,7	9	SO. 1	0,84	9,5	+ 0,1	116
16	725,04	+ 0,59	+13,14	+4,32	+ 9,8	+16,3	6,86	+0,96	627	— 85	470	720	2,3	3	SSO. 2	0,91	—	—	116
17	722,77	— 1,70	+12,22	+3,26	+11,0	+15,2	7,85	+1,88	760	+ 48	570	860	10,2	8	SO. 1	0,92	6,8	— 1,8	122
18	722,54	— 1,95	+12,24	+3,14	+ 9,4	+19,6	8,76	+2,73	837	+125	630	930	1,2	3	variable	0,77	6,7	— 2,0	125
19	717,75	— 6,75	+13,58	+4,34	+ 7,9	+19,0	7,66	+1,56	687	— 25	420	990	6,9	5	SSO. 2	0,89	7,0	— 1,8	128
20	723,80	— 0,72	+ 9,41	+0,03	+ 6,9	+12,3	5,45	—0,71	637	— 75	490	740	6,4	7	SSO. 2	0,67	6,9	— 2,0	131
21	725,47	+ 0,93	+11,31	+1,78	+ 7,3	+14,8	7,49	+1,26	742	+ 30	610	790	10,4	9	SSO. 2	0,99	6,8	— 2,2	136
22	728,57	+ 4,01	+12,38	+2,71	+ 8,9	+15,9	7,80	+1,51	733	+ 21	610	780	1,3	2	SO. 1	0,91	7,0	— 2,1	140
23	723,51	— 1,07	+14,60	+4,79	+11,0	+18,5	7,84	+1,48	658	— 54	520	750	0,3	0,5	SO. 1	0,81	—	—	143
24	724,72	+ 0,12	+10,36	+0,41	+ 5,0	+16,3	5,86	—0,56	693	— 19	420	940	...	...	N. 1	0,31	7,0	— 2,3	145
25	726,75	+ 2,13	+ 9,93	—0,16	+ 3,8	+14,6	6,02	—0,47	671	— 41	480	920	...	...	N. 1	0,18	7,6	— 1,8	147
26	727,23	+ 2,59	+10,98	+0,74	+ 4,6	+16,4	5,93	—0,62	619	— 93	430	870	...	...	N. 1	0,30	7,8	— 1,7	147
27	726,24	+ 1,59	+10,31	—0,07	+ 5,3	+15,8	6,83	+0,21	723	+ 11	520	870	12,1	5	SO. 1	0,92	8,5	— 1,0	147
28	728,33	+ 3,66	+ 9,86	—0,66	+ 6,9	+15,9	6,48	—0,20	732	+ 20	550	970	1,1	1	variable	0,56	8,5	— 1,1	147
29	723,06	— 1,63	+12,52	+1,86	+ 4,8	+19,4	7,03	+0,28	663	— 49	400	960	3,6	2,5	O. 1	0,82	7,8	— 1,9	148
30	726,42	+ 1,71	+10,10	—0,71	+ 8,8	+14,8	6,97	+0,16	769	+ 43	590	860	5,0	5,5	SSO. 2	0,89	—	—	148

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1871.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,41	726,52	726,52	725,86	725,21	725,02	725,10	725,77	725,96
2e »	724,82	724,96	725,14	724,96	724,44	724,14	724,14	724,71	724,82
3e »	726,00	726,17	726,30	725,93	725,74	725,46	725,70	726,27	726,58
Mois	725,74	725,88	725,99	725,59	725,13	724,87	724,98	725,58	[illegible]

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,12	+ 5,74	+ 8,11	+11,03	+11,95	+11,15	+ 9,78	+ 8,02	+ 6,00
2e »	+ 9,09	+10,88	+13,24	+14,50	+14,92	+15,15	+13,43	+12,65	+11,81
3e »	+ 8,11	+10,97	+12,28	+14,30	+14,32	+13,92	+13,31	+11,55	+11,07
Mois	+ 6,44	+ 9,20	+11,21	+13,28	+13,73	+13,41	+12,37	+10,74	+ 9,63

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,62	5,03	5,11	4,82	4,82	4,94	5,01	5,33	[illegible]
2e »	7,11	7,49	7,55	7,07	6,87	6,90	6,91	7,22	[illegible]
3e »	6,93	6,88	6,92	6,79	6,87	6,85	6,85	7,05	6,72
Mois	6,22	6,88	6,53	6,23	6,19	6,23	6,26	6,53	6,43

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade	864	720	634	487	461	510	553	640	719
2e »	823	772	668	580	549	539	608	668	710
3e »	860	720	672	564	567	565	606	695	[illegible]
Mois	849	737	658	544	526	538	589	668	[illegible]

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 1,54	+13,12	0,56	7,11	5,1	117,2
2e »	+ 8,16	+16,93	0,71	8,08	39,0	120,2
3e »	+ 6,64	+16,24	0,67	7,62	33,8	144,8
Mois	+ 5,45	+ 15,43	0,65	7,62	77,9	127,4

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 46°,0 O., et son intensité est égale à 43,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1871.

Le 1 et 2,	brouillard	presque tout le jour.
4,	id.	le matin.
10,	id.	une partie de la journée.
13,	id.	presque tout le jour.
15 et 16,	id.	id.
18,	id.	une partie de la journée.
19 et 20,	id.	presque tout le jour.
Du 21 au 30,	id.	une partie de la journée.

29, à 8 h. 20 m., fréquents éclairs et coups de tonnerre au S.-O.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. soir	560,29	Le 1 à 4 h. après m.	557,14
7 à 10 h. soir	564,16	3 à 2 h. après m.	559,03
12 à 10 h. soir	569,68	10 à 6 h. matin	559,45
16 à 10 h. soir	563,87	15 à 8 h. matin	559,80
18 à midi	563,29	17 à 4 h. après m.	561,36
22 à 6 et 8 h. soir	565,69	20 à 6 h. matin	558,05
26 à 8 h. soir	564,66	24 à 6 h. matin	560,46
28 à 10 h. soir	564,70	27 à 4 et 10 h. soir	562,03
		30 à 6 h. matin	560,19

SAINT-BERNARD. AVRIL [illegible].

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.			
1	557,55	— 2,80	557,14	558,00	— 9,06	— 3,58	—10,9	— 6,4	.....	.....	....	NE. 3	0,98
2	559,11	— 1,29	557,71	560,29	—10,39	— 5,03	—13,8	— 7,8	.....	.....	....	NE. 2	0,82
3	559,44	— 1,02	559,03	559,79	— 4,73	+ 0,51	— 7,8	+ 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,77
4	561,00	+ 0,48	560,22	561,33	— 6,97	— 1,85	—10,0	— 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,39
5	561,58	+ 1,00	560,95	562,29	— 5,95	— 0,96	— 8,0	— 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,06
6	562,75	+ 2,11	562,30	563,17	— 4,77	+ 0,09	— 8,2	+ 0,4	.....	.....	....	NE. 1	0,05
7	563,69	+ 2,98	562,99	564,16	— 3,13	+ 1,61	— 7,5	+ 1,8	.....	.....	....	variable	0,41
8	563,49	+ 2,71	563,19	563,83	— 2,89	+ 1,72	— 8,7	+ 3,0	.....	.....	....	variable	0,06
9	560,86	+ 0,01	560,21	561,85	— 2,40	+ 2,08	— 6,7	+ 3,0	.....	....	....	NE. 1	0,41
10	560,07	— 0,85	559,45	560,90	— 1,62	+ 2,73	— 4,4	+ 3,8	25	2,8	....	NE. 1	0,93
11	564,24	+ 3,25	561,68	566,35	— 3,59	+ 0,63	— 5,0	— 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,29
12	568,72	+ 7,66	567,72	569,68	+ 3,43	+ 7,52	— 0,9	+ 9,4	.....	.....	....	NE. 0	0,53
13	567,17	+ 6,03	566,32	568,14	+ 0,05	+ 4,01	— 1,0	+ 3,0	.....	10,0	....	NE. 0	0,96
14	563,19	+ 1,97	562,35	564,29	+ 2,04	+ 5,87	— 2,6	+ 6,4	.....	.....	....	variable	0,12
15	560,37	— 0,93	559,80	561,35	— 1,66	+ 2,03	— 3,9	+ 1,2	30	14,7	....	variable	0,98
16	563,13	+ 2,15	561,66	563,87	— 1,20	+ 2,35	— 3,7	+ 1,6	.....	.....	....	SO. 1	0,84
17	561,84	+ 0,38	561,36	562,51	— 1,43	+ 1,98	— 2,0	+ 1,4	15	9,4	....	variable	0,84
18	563,07	+ 1,53	562,71	563,29	+ 2,68	+ 5,95	+ 0,8	+ 9,0	.....	3,8	....	variable	0,76
19	560,33	— 1,29	559,27	561,56	— 0,28	+ 2,85	— 0,3	+ 1,0	25	18,0	....	SO. 1	1,00
20	559,45	— 2,26	558,05	560,73	— 5,23	— 2,24	— 7,8	— 2,4	130	16,1	....	NE. 1	0,84
21	561,97	+ 0,17	560,34	563,35	— 2,96	— 0,11	— 4,6	0,0	195	26,5	....	NE. 1	0,99
22	565,30	+ 3,41	564,42	565,69	— 1,27	+ 1,44	— 3,8	+ 1,6	45	13,8	....	NE. 1	1,00
23	561,78	— 0,20	561,08	563,03	— 0,27	+ 2,30	— 2,9	+ 5,2	85	14,8	....	NE. 1	0,96
24	561,58	— 0,49	560,46	562,58	— 2,07	+ 0,36	— 4,5	+ 2,4	.....	.....	....	NE. 1	0,54
25	563,63	+ 1,47	562,67	564,23	— 0,30	+ 1,99	— 4,0	+ 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,23
26	564,21	+ 1,96	563,70	564,66	— 0,16	+ 1,98	— 3,9	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,42
27	562,82	+ 0,48	562,03	564,02	— 0,46	+ 1,53	— 4,6	+ 7,1	70	5,2	....	NE. 1	0,83
28	563,65	+ 1,22	562,17	564,70	— 3,75	— 1,90	— 6,0	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,80
29	563,19	+ 0,67	560,98	564,57	+ 0,15	+ 1,86	— 0,6	+ 5,4	65	12,5	....	SO. 1	0,93
30	562,22	— 0,40	560,19	563,08	— 1,69	— 0,10	— 4,2	+ 5,3	90	17,1	....	NE. 1	0,97

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1871.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	560,64	560,78	561,00	561,12	560,93	560,86	561,00	561,22	561,27
2e »	562,84	562,82	563,20	563,26	563,18	562,98	563,24	563,51	563,57
3e »	562,56	562,74	563,14	563,23	563,11	563,10	563,21	563,23	563,22
Mois	562,01	562,11	562,45	562,54	562,40	562,31	562,48	562,65	562,69

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 8,44	— 5,07	— 3,21	— 1,46	— 0,81	— 2,51	— 5,16	— 5,97	— 6,35
2e »	— 2,02	+ 0,65	+ 1,57	+ 2,15	+ 2,08	+ 1,60	— 0,45	— 1,11	— 1,40
3e »	— 3,26	+ 0,36	+ 2,29	+ 2,47	+ 1,83	+ 0,23	— 1,89	— 2,63	— 3,17
Mois	— 4,57	— 1,35	+ 0,22	+ 1,05	+ 1,03	— 0,23	— 2,50	— 3,24	— 3,64

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 8,60	— 0,54	0,49	2,8	25
2e »	— 2,64	+ 3,04	0,72	72,0	200
3e »	— 3,91	+ 3,34	0,77	89,9	540
Mois	— 5,05	+ 1,95	0,66	164,7	765

Dans ce mois, l'air a été calme 17 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 5,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 67,8 sur 100.

* Voir la note du tableau.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1871.

Le 2, forte rosée le matin; halo solaire de midi à 3 $^1/_2$ h.

3, rosée le matin; à 1 $^1/_2$ h. le vent tourne du Nord au Sud-Ouest et la température s'élève de 8° dans moins d'une demi-heure.

7, forte bise tout le jour.

9, rosée le matin.

15, id.

25, éclairs et tonnerres lointains à l'Est, à 7 h. soir.

26, de 4 à 6 h. après midi, éclairs et tonnerres, d'abord à l'Ouest, ensuite à l'Est.

29, rosée le matin.

30, id.; vers 2 heures, quelques coups de tonnerres à l'Ouest.

31, rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin	731,37	Le 3 à 6 h. soir	723,57
6 à 6 h. matin	729,91	7 à 4 h. après m.	727,08
8 à 6 h. matin	729,50	10 à 4 h. après m.	722,81
11 à 6 h. matin	725,61	14 à 6 h. soir	714,12
16 à 10 h. soir	721,30	17 à 4 h. après m.	711,6[illegible]
20 à 8 h. matin	733,10	24 à 6 h. soir	724,10
26 à 8 h. matin	729,08	28 à 6 h. matin	733,15
29 à 8 h. matin	728,93		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	729,29	+ 4,56	+ 9,97	—0,98	+ 7,0	+15,3	5,04	—1,83	593	—119	400	770	...	...	variable	0,39	7,9	— 2,0	148
2	729,27	+ 4,51	+ 9,57	—1,53	+ 2,3	+15,4	5,44	—1,50	634	— 78	380	900	...	...	N. 1	0,39	8,0	— 2,0	149
3	725,78	+ 0,99	+14,20	+2,96	+ 4,4	+23,0	6,32	—0,69	563	—150	270	890	...	...	SSO. 2	0,24	8,6	— 1,5	149
4	726,20	+ 1,38	+15,52	+4,14	+11,8	+20,2	6,40	—0,68	526	—187	400	570	...	...	OSO. 1	0,79	8,8	— 1,4	150
5	728,16	+ 3,31	+10,72	—0,80	+ 6,3	+16,0	5,30	—1,85	587	—126	270	810	...	...	N. 1	0,00	8,6	— 1,7	150
6	728,62	+ 3,73	+11,82	+0,16	+ 4,8	+18,2	4,98	—2,24	517	—196	250	670	...	...	N. 2	0,00	9,5	— 1,0	149
7	727,80	+ 2,87	+10,51	—1,29	+ 7,0	+14,5	5,30	—1,99	585	—128	450	690	...	...	NNE. 2	0,00	—	—	149
8	728,05	+ 3,08	+11,07	—0,88	+ 6,1	+16,7	5,45	—1,91	587	—126	310	720	...	...	N. 1	0,01	10,6	— 0,1	148
9	723,94	— 1,07	+10,86	—1,23	+ 4,4	+16,1	7,16	—0,28	738	+ 25	520	840	...	...	variable	0,44	10,4	— 0,4	148
10	724,01	— 1,04	+ 9,99	—2,24	+ 6,4	+13,8	5,54	—1,98	625	— 88	490	650	...	...	NNE. 2	0,33	9,6	— 1,3	146
11	724,67	— 0,48	+10,32	—2,05	+ 3,5	+16,4	5,37	—2,23	598	—116	390	800	...	...	N. 1	0,03	11,0	0,0	145
12	722,94	— 2,26	+12,51	0,00	+ 4,9	+17,0	7,02	—0,66	649	— 65	470	790	...	...	variable	0,27	11,8	+ 0,5	143
13	719,96	— 5,29	+15,44	+2,78	+10,0	+22,5	7,27	—0,49	585	—129	360	820	...	...	N. 1	0,40	11,9	+ 0,7	145
14	716,15	— 9,15	+14,56	+1,76	+ 7,8	+21,8	7,03	—0,81	587	—127	410	700	...	...	N. 1	0,37	—	—	145
15	716,01	— 8,74	+14,93	+1,99	+ 8,9	+22,3	7,07	—0,84	591	—123	330	880	..	...	NNE. 1	0,44	12,7	+ 1,3	146
16	720,35	— 5,05	+12,62	—0,46	+ 9,4	+18,1	6,50	—1,48	638	— 76	350	860	0,2	1	variable	0,49	13,2	+ 1,7	147
17	718,71	— 6,74	+10,04	—3,18	+ 8 0	+13,0	6,51	—1,54	731	+ 17	570	760	...	...	NNE. 2	0,92	13,4	+ 1,8	143
18	724,42	— 1,08	+11,66	—1,71	+ 8,0	+16,1	4,64	—3,48	492	—221	290	670	...	...	N. 2	0,08	12,7	+ 1,0	145
19	730,72	+ 5,17	+11,83	—1,68	+ 3,7	+17,5	5,45	—2,74	540	—173	390	650	...	...	N. 1	0,06	12,7	+ 0,8	144
20	732,15	+ 6,56	+12,78	—0,87	+ 5,0	+19,6	6,13	—2,13	552	—161	310	670	...	...	N. 1	0,29	13,6	+ 1,6	144
21	731,30	+ 5,67	+13,30	—0,49	+ 5,5	+18,1	6,79	—1,54	607	—106	430	790	...	...	N. 1	0,36	—	—	144
22	728,54	+ 2,87	+13,48	—0,44	+ 7,8	+18,6	6,17	—2,23	559	—154	370	690	...	...	N. 1	0,00	14,6	+ 2,4	144
23	726,90	+ 1,19	+13,56	—0,49	+ 6,6	+18,3	7,61	—0,86	665	— 48	510	760	...	...	N. 1	0,26	14,5	+ 2,2	144
24	725,67	— 0,08	+16,43	+2,25	+ 9,6	+22,7	7,98	—0,56	617	— 96	450	730	...	...	N. 1	0,22	14,7	+ 2,3	142
25	726,80	+ 1,01	+15,37	+1,06	+ 8,5	+22,6	7,16	—1,45	507	—206	270	720	...	...	variable	0,32	14,8	+ 2,3	142
26	728,18	+ 2,35	+18,13	+3,70	+12,8	+26,0	8,69	+0,01	592	—120	370	780	...	...	variable	0,66	15 4	+ 2,8	140
27	726,78	+ 0,91	+12,67	—1,91	+12,0	+15,2	9,55	+0,80	893	+181	680	960	10,2	14	SSO. 1	1,00	14,0	+ 1,3	140
28	724,43	— 1,48	+14,04	—0,68	+11,2	+17,3	9,73	+0,91	828	+116	640	950	...	...	variable	0,92	—	—	140
29	728,32	+ 2,37	+16,76	+1,91	+10,1	+23,1	10,09	+1,21	748	+ 36	460	920	...	...	N. 1	0,49	13,1	+ 0,2	144
30	727,01	+ 1,02	+18,73	+3,75	+12,0	+25,8	10,73	+1,78	689	— 23	440	870	...	...	variable	0,34	14,6	+ 1,6	144
31	725,14	— 0,89	+17,62	+2,51	+10,9	+23,2	8,62	—0,40	597	—115	400	840	...	...	NNE. 1	0,08	16 1	+ 3,0	145

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,83	727,91	727,68	727,18	726,70	726,20	726,06	726,55	726,94
2e »	722,98	723,22	723,10	722,70	722,23	721,81	721,85	722,49	723,09
3e »	727,98	728,12	727,78	727,26	726,53	726,20	726,21	726,55	727,18
Mois	726,32	726,47	726,24	725,76	725,20	724,78	724,76	725,24	725,78
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 7,76	+10,52	+12,15	+13,46	+15,70	+15,88	+14,85	+12,52	+10,79
2e »	+ 8,81	+11.46	+13,07	+15,40	+16,75	+17,37	+16,56	+14,06	+12,12
3e »	+11,82	+14,09	+16,40	+18,36	+19,57	+19,64	+18,62	+16,81	+15,43
Mois	+ 9,54	+12,09	+13,96	+15,82	+17,41	+17,70	+16,74	+14,54	+12,86
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,71	5,90	5,89	5,64	5,52	5,19	5,67	5,95	6,06
2e »	6,55	6,50	6,15	5,95	5,88	6,32	6,16	6,72	6,78
3e »	8,48	8,39	8,12	8,09	8,16	8,23	8,82	9,21	9,02
Mois	6,96	6,98	6,76	6,61	6,57	6,63	6,95	7,36	7,35
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	733	624	560	495	419	393	451	555	637
2e »	737	642	546	461	416	432	438	560	644
3e »	801	691	589	509	485	492	564	656	696
Mois	758	654	566	489	441	441	487	593	[illegible]

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 6,05	+16,92	0,26	9,11	0,0	148,6
2e »	+ 6,92	+18,43	0,33	12,53	0,2	145,1
3e »	+ 9,73	+20,99	0,42	14,64	10,2	142,6
Mois	+ 7,32	+ 18,55	0,34	12,10	10,4	145,4

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2°,1 E., et son intensité est égale à 63,2 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1871.

Le 1, brouillard une partie de la journée.
9, id. le soir; il est tombé dans l'après-midi de la neige en petite quantité, qui n'a pas pu être mesurée.
10, id. dans l'après-midi.
11, il est tombé dans la nuit un peu de neige, qui n'a pas pu être mesurée.
14, brouillard le soir.
15, id. tout le jour.
16, id. dans la matinée.
17, id. presque tout le jour.
18, id. le matin.
20, id. le soir.
21, id. le matin.
24, id. le matin et le soir.
25, 26, 27, 28, brouillard presque tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	566,08	5 à 8 h. matin	563,52
6 à 2 h. après m.	565,90	10 à 10 h. matin	560,66
12 à 10 h. matin	562,96	15 à 8 h. matin...........	556,02
16 à 10 h. soir.....	559,94	17 à 6 h. soir	555,71
20 à midi	568,46	24 à 4 h. après m.	565,95
26 à 10 h. soir	568,03	28 à 10 h. matin	562,63
29 à 10 h. soir	568,91		

SAINT-BERNARD.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.				
1	563,51	+ 0,79	561,91	564,77	— 5,98	— 4,55	— 6,9	— 3,0	.....	.....	....	NE.	2	0,71
2	565,82	+ 3,00	564,83	566,08	+ 2,16	+ 3,44	— 3,6	+ 8,0	.....	.....	....	calme		0,26
3	565,62	+ 2,70	565,41	565,84	+ 3,16	+ 4,30	— 2,6	+ 8,6	.....	.....	....	variable		0,28
4	564,85	+ 1,83	564,58	565,36	+ 2,53	+ 3,53	0,0	+ 6,4	.....	.....	....	NE.	1	0,86
5	564,47	+ 1,36	563,52	565,37	— 1,37	— 0,51	— 4,4	+ 4,2	.....	.....	....	NE.	1	0,20
6	565,57	+ 2,37	565,24	565,90	+ 0,42	+ 1,14	— 3,2	+ 4,0	.....	.....	....	NE.	1	0,00
7	564,71	+ 1,41	564,33	565,11	— 0,09	+ 0,49	— 3,0	+ 2,6	.....	.....	....	NE.	1	0,02
8	564,36	+ 0,96	564,05	564,57	— 0,78	— 0,34	— 2,3	+ 2,1	.....	.....	....	NE.	1	0,05
9	562,31	— 1,19	561,87	562,81	— 0,61	— 0,31	— 3,4	+ 3,1	.....	....	....	NE.	1	0,73
10	561,01	— 2,59	560,66	561,31	0,00	+ 0,16	— 4,3	+ 3,2	.....	.....	....	NE.	1	0,52
11	562,57	— 1,12	562,13	562,91	+ 1,20	+ 1,22	— 1,6	+ 7,2	.....	.....	....	NE.	1	0,36
12	562,77	— 1,02	562,41	562,96	+ 2,43	+ 2,31	— 3,0	+ 8,4	.....	.....	....	variable		0,07
13	560,57	— 3,32	560,17	560,83	+ 3,09	+ 2,83	+ 1,2	+ 7,2	.....	.....	....	variable		0,59
14	557,28	— 6,71	556,74	558,31	+ 3,27	+ 2,87	+ 1,0	+ 8,4	.....	.....	....	NE.	1	0,61
15	556,78	— 7,31	556,02	557,98	+ 0,24	— 0,29	— 1,2	+ 3,0	.....	.....	....	NE.	1	0,91
16	558,57	— 5,61	556,64	559,94	+ 0,11	— 0,55	— 3,2	+ 4,8	10	1,8	....	NE.	1	0,59
17	556,78	— 7,50	555,71	558,84	— 1,68	— 2,48	— 3,0	+ 3,4	12	1,9	....	NE.	1	0,90
18	560 99	— 3,39	558,19	563,45	— 3,57	— 4,50	— 5,0	+ 0,7	.....	.....	....	NE.	1	0,38
19	566,55	+ 2,07	565,19	568,21	— 0,47	— 1,53	— 4,5	+ 2,2	.....	.....	....	NE.	1	0,20
20	567,92	+ 3,35	567,21	568,46	— 0,20	— 1,39	— 4,9	+ 4,7	.....	.....	....	NE.	1	0,62
21	567,03	+ 2,37	566,55	567,41	— 1,71	— 3,03	— 2,4	+ 1,0	.....	.....	....	NE.	2	0,37
22	566,51	+ 1,75	566,30	566,70	+ 3,05	+ 1,60	— 1,9	+ 7,0	.....	.....	....	NE.	1	0,03
23	566,44	+ 1,58	566,14	566,58	+ 2,95	+ 1,37	— 1,3	+ 6,8	.....	.....	....	SO.	1	0,02
24	566,15	+ 1,20	565,95	566 41	+ 3,49	+ 1,78	+ 1,0	+ 8,0	.....	.....	....	variable		0,50
25	567,27	+ 2,23	566,51	567,84	+ 1,32	— 0,51	— 0,9	+ 4,8	.....	.....	....	SO.	1	0,71
26	564,78	— 0,35	567,62	568,03	+ 3,97	+ 2,02	+ 0,4	+10,0	.....	.....	....	NE.	1	0,76
27	564,92	— 0,31	563,62	566,15	+ 0,94	— 1,13	+ 0,6	+ 3,8	.....	.....	....	SO.	1	0,86
28	565,07	— 0,25	562,63	567,33	— 0,03	— 2,22	0,0	+ 2,0	65	18,4	....	SO.	1	0,82
29	568,59	+ 3,18	567,68	568,91	+ 4,52	+ 2,21	+ 0,5	+ 9,0	.....	.....	....	SO.	1	0,61
30	567,66	+ 2,16	567,18	568,18	+ 4,77	+ 2,34	+ 2,0	+ 9,0	.....	.....	....	NE.	1	0,44
31	565,65	+ 0,06	565,42	565,95	+ 3,91	+ 1,36	+ 2,3	+ 7,2	.....	.....	....	NE.	1	0,19

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,91	563,99	563,99	564,20	564,36	564,35	564,36	564,50	564,50
2e »	560,74	560,71	560,91	561,07	561,07	561,03	561,26	561,52	561,54
3e »	566,42	566,54	566,58	566,78	566,69	566,70	566,61	566,74	566,85
Mois	563,80	563,84	563,92	564,11	564,13	564,11	564,16	564,33	564,38
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 3,14	+ 1,42	+ 1,98	+ 2,65	+ 3,29	+ 2,68	+ 1,13	— 0,53	— 1,26
2e »	— 2,06	+ 0,91	+ 2,74	+ 4,24	+ 4,68	+ 3,09	+ 0,89	— 0,29	— 1,50
3e »	+ 0,49	+ 2,72	+ 3,89	+ 5,23	+ 5,88	+ 5,35	+ 3,65	+ 2,21	+ 1,55
Mois	— 1,50	+ 1,72	+ 2,87	+ 4,08	+ 4,66	+ 3,76	+ 1,95	+ 0,52	— 0,34

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 3,37	+ 3,92	0,36	0,0	00
2e »	— 2,42	+ 5,00	0,52	3,7	22
3e »	+ 0,03	+ 6,24	0,48	18,4	65
Mois	— 1,86	+ 5,09	0,46	22,1	87

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,42 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 49,5 sur 100.

* Voir la note du tableau.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1871.

Le 2, forte bise depuis 2 h. de l'après-midi, jusque dans la nuit du 3 au 4.

4, il a neigé sur toutes les montagnes des environs, presque jusqu'au pied; la neige est restée plusieurs jours sur les Voirons avant de fondre.

8, il a neigé de nouveau sur le Grand Salève, sur les Voirons et sur le Jura.

19, éclairs et tonnerres à l'Ouest de 1 $^1/_2$ h. à 2 h. après midi.

20, peu avant le coucher du soleil, bel arc-en-ciel; sur le bord intérieur, on voyait un second arc coloré plus pâle et plus étroit; à 10 h. soir, éclairs à l'Ouest.

22, à 6 h. soir, faible halo solaire partiel.

23, forte rosée le matin; halo solaire complet de 8 h. à 1 h.; le soir, éclairs à l'Ouest.

24, halo solaire avec parhélies de 8 à 10 h. du matin.

26, neige sur le Jura et sur le Môle.

30, forte rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 6 à 10 h. soir	725,89
9 à 10 h. soir	726,88
14 à 8 h. matin	728,26
18 à 10 h. matin	725,24
19 à 10 h. soir	727,12
22 à 8 h. matin	728,15
26 à 10 h. soir	730,70

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 6 h. matin	718,47
7 à 4 h. après m.	721,19
11 à 4 h. après m.	723,97
17 à 6 h. matin	721,05
18 à 10 h. soir	722,91
20 à midi	723,33
25 à 4 h. après m.	721,86
29 à 6 h. soir	724,00

Jours du mois	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	723,24	— 2,84	+16,98	+1,74	+11,8	+21,1	9,14	+0,06	647	— 65	520	760	...	...	N. 1	0,18	16,5	+ 3,3	145
2	721,36	— 4,77	+15,33	—0,03	+11,7	+20,5	6,51	—2,63	535	—176	400	710	...	...	N. 2	0,51	17,4	+ 4,0	145
3	721,27	— 4,91	+ 9,39	—6,09	+ 7,2	+13,1	4,63	—4,57	570	—141	390	750	...	...	NNE. 3	0,60	15,7	+ 2,2	147
4	718,69	— 7,54	+ 6,24	—9,36	+ 3,8	+ 9,6	6,34	—2,92	902	+192	670	930	9,9	13	variable	1,00	—	—	149
5	720,40	— 5,88	+10,17	—5,55	+ 6,4	+15,8	6,72	—2,60	745	+ 36	530	880	...	...	variable	0,87	15,2	+ 1,5	149
6	724,22	— 2,11	+10,84	—5,00	+ 7,8	+15,2	6,53	—2,85	703	— 6	450	900	0,2	1	variable	0,90	15,0	+ 1,2	149
7	722,57	— 3,81	+11,50	—4,46	+ 7,7	+16,5	5,81	—3,63	603	—105	390	760	...	...	SO. 2	0,67	15,0	+ 1,0	—
8	723,25	— 3,18	+ 8,80	—7,28	+ 6,9	+13,1	6,02	—3,48	742	+ 34	550	850	4,5	5	SSO. 1	0,76	8,6	— 5,5	—
9	725,46	— 1,02	+ 9,94	—6,26	+ 6,8	+15,0	6,40	—3,15	725	+ 18	460	850	...	...	SSO. 1	0,90	8,2	— 6,0	—
10	726,16	— 0,37	+11,50	—4,81	+ 6,9	+16,3	6,73	—2,87	683	— 23	470	870	...	...	S. 1	0,77	8,4	— 5,9	145
11	725,10	— 1,47	+12,38	—4,04	+ 7,8	+18,5	7,06	—2,59	695	— 11	420	880	...	...	N. 1	0,27	—	—	145
12	724,92	— 1,69	+15,60	—0,93	+ 6,3	+21,0	7,40	—2,30	629	— 76	330	830	...	...	variable	0,19	13,2	— 1,3	145
13	727,27	+ 0,62	+17,07	+0,43	+ 8,7	+22,2	7,97	—1,78	571	—133	350	790	...	...	N. 1	0,18	15,6	+ 1,0	145
14	727,60	+ 0,91	+17,89	+1,15	+ 9,3	+24,6	7,55	—2,25	530	—174	230	740	...	...	N. 1	0,34	16,7	+ 2,0	145
15	725,73	— 1,00	+19,87	+3,03	+10,7	+28,9	9,72	—0,13	577	—126	360	750	...	...	variable	0,34	17,9	+ 3,1	—
16	724,06	— 2,71	+21,38	+4,44	+17,6	+28,1	11,65	+1,76	637	— 65	440	830	...	...	variable	0,42	17,7	+ 2,7	145
17	721,75	— 5,07	+18,49	+1,45	+13,5	+24,1	11,30	+1,37	735	+ 34	490	890	16,6	7	SSO. 1	0,73	17,4	+ 2,4	145
18	724,74	— 2,12	+13,97	—3,17	+12,4	+17,4	10,48	+0,51	899	+199	700	1000	13,0	16	variable	0,99	—	—	145
19	724,49	— 2,42	+13,18	—4,05	+12,0	+16,9	8,70	—1,31	796	+ 97	540	900	6,2	5	SSO. 2	0,89	12,1	— 3,1	155
20	724,60	— 2,35	+14,23	—3,09	+11,8	+18,0	8,51	—1,54	723	+ 25	590	790	6,3	5	SSO. 2	0,93	10,1	— 5,2	160
21	725,71	— 1,29	+12,51	—4,90	+10,6	+16,2	8,13	—1,96	785	+ 88	580	910	6,1	6	SSO. 1	0,97	8,1	— 7,4	164
22	727,62	+ 0,58	+13,42	—4,08	+ 9,8	+18,1	8,39	—1,74	735	+ 39	530	890	...	...	N. 1	0,46	7,0	— 8,6	166
23	726,53	— 0,56	+17,74	+0,16	+ 8,9	+25,0	9,67	—0,50	657	— 38	380	900	...	...	SSO. 1	0,48	8,8	— 6,9	166
24	725,28	— 1,85	+20,38	+2,72	+14,8	+26,1	10,28	+0,07	594	—100	440	720	...	...	variable	0,68	13,5	— 2,3	167
25	722,40	— 4,78	+14,23	—3,51	+12,8	+19,1	10,72	+0,47	911	+218	790	940	10,8	14	variable	1,00	—	—	170
26	729,05	+ 1,83	+ 9,70	—8,12	+ 6,8	+13,0	7,01	—3,27	786	+ 94	590	990	6,7	6	variable	0,96	12,7	— 3,3	177
27	730,05	+ 2,78	+ 9,05	—8,85	+ 6,9	+13,9	6,80	—3,51	816	+125	500	950	1,4	2	variable	0,80	13,7	— 2,4	181
28	727,79	+ 0,48	+13,94	—4,03	+ 7,0	+20,0	8,58	—1,76	732	+ 42	470	910	1,6	2	OSO. 1	0,82	13,8	— 2,4	182
29	725,84	— 1,51	+15,60	—2,44	+10,1	+20,4	8,03	—2,34	637	— 52	420	920	...	...	N. 1	0,10	14,0	— 2,3	—
30	725,35	— 2,04	+16,69	—1,42	+ 8,9	+24,7	10,82	+0,42	755	+ 67	550	860	...	...	variable	0,63	14'4	— 1,9	—

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	722,76	722,85	722,83	722,64	722,36	722,21	722,40	722,88	723,19
2e »	725,31	725,49	725,33	725,05	724,70	724,34	724,37	724,64	725,96
3e »	726,89	726,96	726,75	726,48	726,25	725,98	726,04	726,36	726,87
Mois	724,99	725,10	724,97	724,72	724,44	724,18	724,27	724,62	725,11
				Température.					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 9,07	+10,76	+12,18	+13,82	+14,08	+14,22	+12,81	+11,08	+10,06
2e »	+13,00	+16,24	+17,92	+19,10	+19,42	+20,28	+19,35	+17,03	+15,03
3e »	+11,79	+14,32	+14,93	+17,25	+17,77	+17,57	+16,80	+14,77	+13,18
Mois	+11,28	+13,78	+15,01	+16,73	+17,09	+17,36	+16,32	+14,30	+12,76
				Tension de la vapeur.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,85	6,62	6,40	6,46	6,53	6,03	6,36	6,64	6,82
2e »	8,85	9,22	8,99	8,54	8,73	8,68	9,20	9,96	9,50
3e »	8,94	8,75	8,53	8,78	9,05	8,76	8,85	9,02	9,39
Mois	8,21	8,20	7,97	7,92	8,11	7,82	8,14	8,54	8,54
				Fraction de saturation en millièmes.					
1re décade	792	696	616	558	542	494	578	676	743
2e »	790	671	591	525	534	508	581	690	746
3e »	863	714	678	595	576	589	635	719	823
Mois	815	694	628	559	551	530	598	695	771

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 7,72	+15,62	0,71	13,33	14,6	147,0
2e »	+11,01	+21,97	0,53	15,09	42,1	145,6
3e »	+ 9,66	+19,65	0,69	10,60	26,6	171,6
Mois	+ 9,46	+19,08	0,65	13,33	83,3	154,7

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,91 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 79°,5 O., et son intensité est égale à 19,4 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1871.

Le 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, brouillard tout le jour.
13, brouillard le matin.
16, id. presque tout le jour.
20, id. depuis midi.
21, id. tout le jour.
22, 23, id. le matin.
24, id. le soir.
25, 26, 27, brouillard tout le jour; la neige du 26 a été en partie emportée par le vent du Nord, soufflant avec violence.
29, brouillard le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à 10 h. soir	560,96	Le 4 à 6 h. matin	553,35
16 à 10 h. matin	568,70	8 à 6 h. matin	557,74
19 à 10 h. soir	564,59	19 à 6 h. matin	561,19
24 à 10 h. matin	568,13	21 à 2 h. après m.	562,93
30 à 10 h. soir	568,61	25 à 6 h. soir	561,53

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.			
1	564,28	— 1,40	563,93	564,66	+ 6,53	+ 3,86	+ 1,4	+10,0	.....	.....	....	calme	0,12
2	560,60	— 5,17	559,15	562,13	+ 1,21	— 1,58	— 1,4	+ 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,90
3	556,38	— 9,48	555,11	557,28	— 7,03	— 9,93	— 7,4	— 5,1	.....	.....	....	NE. 1	1,00
4	554,32	—11,62	553,35	555,56	— 5,91	— 8,92	— 7,5	— 2,5	50	8,2	....	NE. 1	0,91
5	557,45	— 8,57	555,98	558,89	— 3,89	— 7,01	— 6,2	+ 2,1	15	3,0	....	NE. 1	0,93
6	560,23	— 6,08	558,96	560,96	— 4,06	— 7,29	— 6,0	— 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,98
7	559,19	— 7,00	558,96	559,84	— 1,85	— 5,19	— 5,4	+ 3,4	.....	.....	....	NE. 1	0,92
8	558,82	— 7,45	557,74	560,30	— 4,73	— 8,18	— 5,5	— 2,8	40	5,9	....	NE. 1	1,00
9	561,62	— 4,73	560,35	562,56	— 0,64	— 4,19	— 3,0	+ 3,9	.....	.....	....	NE. 1	0,87
10	562,15	— 4,28	561,80	562,78	— 2,67	— 6,32	— 5,1	+ 1,4	.....	.....	....	NE. 1	0,90
11	563,06	— 3,45	562,67	563,62	+ 1,23	— 2,52	— 4,8	+ 6,6	.....	.....	....	NE. 1	0,23
12	564,11	— 2,48	563,12	565,26	+ 2,49	— 1,36	— 2,0	+ 7,4	.....	.....	....	NE. 1	0,40
13	566,35	— 0,32	565,17	567,46	+ 2,29	— 1,66	— 0,5	+ 4,6	.....	.....	....	NE. 1	0,49
14	568,10	+ 1,35	567,25	568,65	+ 7,04	+ 3,00	+ 4,0	+11,1	.....	.....	....	calme	0,22
15	568,21	+ 1,39	567,83	568,41	+ 7,33	+ 3,20	+ 3,8	+11,2	.....	.....	....	SO. 1	0,36
16	568,24	+ 1,34	567,97	568,70	+ 4,63	— 0,41	+ 4,3	+ 6,0	.....	.....	....	SO. 1	0,87
17	566,56	— 0,41	565,55	567,35	+ 3,50	— 0,81	+ 3,0	+ 6,0	.....	.....	....	SO. 2	0,72
18	564,22	— 2,82	563,03	565,20	+ 2,39	— 2,01	+ 2,8	+ 3,4	.....	20,0	....	SO. 1	1,00
19	562,89	— 4,22	561,19	564,59	+ 1,83	— 2,66	+ 0,2	+ 4,6	.....	31,3	....	variable	0,97
20	563,48	— 3,70	563,22	563,89	+ 1,77	— 2,81	— 1,6	+ 5,0	75	7,1	....	calme	0,81
21	563,11	— 4,14	562,93	563,59	— 0,03	— 4,69	— 1,8	+ 4,5	.....	5,6	....	NE. 1	0,96
22	565,49	— 1,83	564,28	566,22	+ 1,25	— 3,49	— 2,2	+ 4,6	.....	.....	....	NE. 1	0,40
23	567,41	+ 0,02	566,68	568,04	+ 5,66	+ 0,84	+ 1,6	+ 9,0	.....	.....	....	SO. 1	0,64
24	567,68	+ 0,23	567,04	568,13	+ 5,88	+ 0,98	+ 3,3	+ 9,4	.....	.....	....	SO. 1	0,48
25	562,41	— 5,10	561,53	564,55	+ 1,33	— 3,72	— 1,0	+ 3,4	.....	2,3	....	variable	0,99
26	562,75	— 4,82	561,86	563,58	— 4,82	— 9,87	— 6,2	— 2,4	45	6,3	....	NE. 3	1,00
27	563,73	— 3,90	563,37	564,60	— 5,32	—10,44	— 6,0	— 3,6	10	2,1	....	NE. 2	0,96
28	564,68	— 3,01	563,94	565,42	— 1,11	— 6,30	— 4,0	+ 1,0	.....	.....	....	NE. 2	0,66
29	565,57	— 2,18	564,69	566,62	+ 3,70	— 1,56	0,0	+ 7,6	.....	.....	....	NE. 1	0,32
30	567,52	— 0,29	566,42	568,61	+ 9,07	+ 3,74	+ 6,2	+13,0	.....	.....	....	calme	0,67

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	559,18	559,22	559,40	559,57	559,61	559,60	559,70	559,81	559,82
2e »	565,25	565,32	565,44	565,65	565,60	565,60	565,63	565,75	565,83
3e »	564,67	564,81	564,95	564,96	565,05	565,13	565,19	565,39	565,55
Mois	563,00	563,12	563,26	563,39	563,42	563,44	563,51	563,65	563,74
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 4,01	— 2,05	0,00	+ 0,92	+ 0,91	— 0,86	— 2,29	— 3,12	— 3,67
2e »	+ 1,06	+ 3,86	+ 5,27	+ 6,21	+ 6,07	+ 5,59	+ 4,34	+ 3,01	+ 2,20
3e »	— 0,20	+ 1,23	+ 2,69	+ 3,87	+ 4,33	+ 3,44	+ 2,49	+ 1,52	+ 1,25
Mois	— 1,05	+ 1,01	+ 2,65	+ 3,67	+ 3,77	+ 2,72	+ 1,51	+ 0,47	— 0,07

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade	— 4,61	+ 1,35	0,85	17,1	105
2e »	+ 0,92	+ 6,59	0,91	58,4	75
3e »	— 1,01	+ 4,45	0,71	16,3	55
Mois	— 1,57	+ 4,13	0,72	91,8	235

Dans ce mois, l'air a été calme 20 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,31 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 53,7 sur 100.

* Voir la note du tableau.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1871.

Le 1, à 3 h., halo solaire.

2, à 10 h. soir, éclairs au N.-E.

3, éclairs et tonnerres de midi à 3 h.

4, à midi, faible halo solaire partiel, avec parhélie à droite; à 1 h. le halo est complet.

8, forte rosée le matin; halo solaire de 8 h. à 9 $^1/_2$ h.

10, de 5 h. à 6 h. matin, orage avec éclairs et tonnerres.

12, hâle tout le jour.

13, 14, 15, 17, 18, rosée le matin; le 18, le vent tourne du Nord au Sud quelques minutes après 2 h., et la température s'élève de 6° au bout d'une demi-heure.

19, hâle dans la journée; le soir, de 8 $^1/_4$ h. à 9 $^1/_4$ h., orage assez violent, avec éclairs et tonnerres et quelques grêlons pendant une violente averse. Vers 8 $^1/_2$ h., les éclairs se succédaient presque sans interruption, ils étaient dirigés d'un nuage à l'autre et se ramifiaient presque tous dans un grand nombre de branches; direction de l'orage OSO. à E.

20, à 1 h., halo solaire.

23, de 6 $^1/_2$ h. à 7 h. matin, orage avec éclairs et tonnerres; de 8 $^1/_2$ h. à 11 h. soir, succession d'orages avec éclairs et tonnerres, suivant la direction de SO. à NE. Le plus violent éclate à 10 h., à ce moment pluie torrentielle pendant une demi-heure, pendant laquelle il tombe près de 16 millimètres.

27, dans la soirée, halo lunaire.

28, à 5 $^1/_4$ h. soir, orage avec éclairs et tonnerres, accompagné d'une pluie torrentielle qui dure une demi-heure, pendant laquelle il tombe 18 millimètres; direction de l'orage SO.-NE.

29, forte rosée le matin; le soir halo lunaire et couronne lunaire.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 1	à 8 h. matin	727,75
6	à 8 et 10 h. matin	735,16
16	à 8 et 10 h. matin	731,70
21	à 6 h. matin	727,73
24	à 8 h. matin	725,95
28	à 10 h. soir	731,62
31	à 10 h. soir	731,00

MINIMUM.

		mm
Le 2	à 6 h. soir	720,82
11	à 8 h. matin	722,17
20	à 6 h. matin	723,59
22	à 6 h. soir	722,39
25	à 6 h. soir	720,60
29	à 10 h. soir	724,21

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	726,84	— 0,58	+20,37	+2,20	+15,8	+26,9	12,12	+1,69	700	+ 13	440	900	0,6	1	variable	0,73	16,2	— 0,2	182
2	723,47	— 3,98	+20,90	+2,67	+17,8	+27,9	12,34	+1,88	688	+ 2	500	800	...	...	variable	0,27	—	—	182
3	724,47	— 3,01	+15,15	—3,13	+13,4	+20,2	10,46	—0,03	858	+173	580	990	15,3	10	variable	0,96	14,0	— 2,6	182
4	729,25	+ 1,74	+18,28	—0,05	+11,9	+24,0	8,97	—1,55	599	— 85	340	890	...	...	SSO. 1	0,31	14,7	— 2,0	182
5	730,84	+ 3,30	+14,41	—3,97	+13,4	+18,0	11,35	+0,81	914	+231	730	990	10,4	10	variable	0,92	13,8	— 2,9	184
6	734,74	+ 7,17	+15,61	—2,82	+11,0	+20,0	9,32	—1,24	717	+ 34	480	910	...	...	N. 1	0,09	14,8	— 2,0	185
7	731,44	+ 3,84	+16,84	—1,64	+ 9,9	+22,7	9,90	—0,68	699	+ 17	460	850	...	...	N. 1	0,00	15,5	— 1,4	188
8	728,44	+ 0,81	+19,39	+0,87	+12,9	+27,0	13,26	+2,66	781	+ 99	620	910	...	...	variable	0,50	15,8	— 1,2	189
9	728,21	+ 0,55	+22,02	+3,46	+16,6	+29,0	13,04	+2,42	678	— 3	420	830	...	...	variable	0,26	—	—	189
10	725,75	— 1,94	+22,60	+4,00	+17,7	+29,0	13,29	+2,66	678	— 3	410	940	1,8	1	variable	0,70	19,6	+ 2,5	190
11	722,90	— 4,81	+17,99	—0,65	+14,5	+23,1	9,83	—0,81	670	— 11	520	760	11,7	6	SO. 2	0,88	17,4	+ 0,2	191
12	729,21	+ 1,48	+14,52	—4,15	+12,2	+19,0	8,56	—2,09	716	+ 36	500	870	...	...	variable	0,50	15,8	— 1,5	191
13	729,61	+ 1,86	+16,33	—2,37	+ 9,0	+22,0	9,19	—1,47	675	— 5	390	910	...	...	N. 1	0,23	16,7	— 0,7	200
14	729,45	+ 1,68	+19,63	+0,91	+12,2	+26,3	11,41	+0,74	678	— 2	420	870	...	...	N. 1	0,07	17,4	— 0,1	200
15	729,87	+ 2,08	+21,08	+2,34	+12,1	+28,9	13,93	+3,25	732	+ 53	530	840	...	...	N. 1	0,41	16,4	— 1,1	203
16	731,11	+ 3,30	+22,71	+3,95	+16,6	+28,4	14,87	+4,18	724	+ 45	520	840	..	...	N. 1	0,02	—	—	206
17	730,49	+ 2,66	+23,30	+4,52	+17,6	+29,0	14,95	+4,25	708	+ 29	460	820	...	...	variable	0,03	21,2	+ 3,5	208
18	728,47	+ 0,62	+25,29	+6,50	+16,6	+33,7	15,17	+4,46	638	— 41	370	830	...	...	variable	0,03	21,8	+ 4,1	209
19	725,92	— 1,95	+27,45	+8,66	+19,7	+34,6	13,77	+3,05	540	—138	300	800	8,3	0,5	variable	0,37	21,7	+ 3,9	212
20	725,39	— 2,50	+23,00	+4,20	+18,5	+27,0	10,97	+0,24	556	—122	400	670	...	...	O. 2	0,37	18,8	+ 0,9	216
21	727,08	— 0,83	+19,95	+1,15	+15,1	+25,0	10,32	—0,42	621	— 57	360	840	...	...	N. 1	0,00	18,5	+ 0,6	220
22	724,10	— 3,83	+23,15	+4,34	+12,8	+31,5	11,33	+0,59	563	—116	360	780	...	...	S. 2	0,06	20,0	+ 2,0	221
23	724,06	— 3,89	+20,34	+1,53	+15,4	+27,0	12,83	+2,09	743	+ 64	540	960	20,5	10	SSO. 1	0,82	—	—	223
24	725,33	— 2,64	+15,08	—3,72	+13,0	+18,9	9,45	—1,29	759	+ 80	540	940	...	...	SSO. 1	0,80	14,3	— 3,8	224
25	721,26	— 6,73	+14,27	—4,52	+12,1	+18,2	8,90	—1,85	823	+143	610	900	7,6	10	SSO. 1	0,90	11,9	— 6,2	224
26	723,12	— 4,89	+16,91	—1,87	+13,0	+22,0	8,12	—2,63	590	— 90	410	720	...	...	SSO. 2	0,14	12,1	— 6,1	228
27	724,61	— 3,42	+21,73	+2,96	+15,7	+26,9	10,10	—0,65	537	—143	400	660	...	...	SSO. 2	0,56	11,8	— 6,4	230
28	729,35	+ 1,31	+19,45	+0,70	+15,7	+25,6	13,40	+2,65	802	+121	520	940	25,2	0,7	variable	0,62	12,0	— 6,3	230
29	728,77	+ 0,72	+18,31	—0,42	+12,6	+25,1	12,38	+1,63	789	+108	600	900	...	...	variable	0,02	14,6	— 3,8	231
30	727,61	— 0,45	+17,01	—1,69	+14,1	+20,9	10,32	—0,43	743	+ 61	580	910	4,1	0,8	SSO. 1	0,66	—	—	230
31	729,88	+ 1,81	+16,15	—2,52	+12,4	+21,8	7,66	—3,09	593	— 89	400	880	...	...	variable	0,37	16,6	— 1,8	233

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,98	729,08	728,81	728,45	728,01	727,55	727,41	727,76	728,30
2e «	728,42	728,67	728,62	728,41	727,97	727,76	727,74	728,19	728,70
3e «	726,17	726,43	726,38	726,15	725,67	725,34	725,23	725,56	726,01
Mois	727,80	728,01	727,89	727,62	727,17	726,83	726,74	727,12	727,62
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+15,81	+17,71	+19,50	+20,77	+22,03	+22,47	+21,78	+19,58	+18,07
2e «	+17,58	+20.91	+22,31	+23,94	+25,08	+25,57	+24,87	+22,19	+19,79
3e «	+15,51	+17,89	+19,37	+21,07	+22,65	+22,62	+21,32	+19,18	+17,05
Mois	+16,27	+18,80	+20,36	+21,90	+23,23	+23,52	+22,61	+20,28	+18,36
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,55	11,74	11,53	11,08	11,10	11,03	11,67	11,93	11,51
2e «	11,66	12,20	12,39	12,31	12,62	11,82	12,18	13,04	12,64
3e «	10,18	10,75	10,33	10,25	10,47	10,38	11,02	10,89	10,97
Mois	11,10	11,54	11,38	11,18	11,37	11,05	11,60	11,92	11,68
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	862	774	685	612	562	570	612	705	746
2e «	780	663	612	557	533	492	519	640	724
3e «	784	706	621	559	530	514	589	664	765
Mois	808	714	639	575	541	525	574	669	746

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+14,04	+24,47	0,47	15,55	28,1	185,3
2e «	+14,90	+27,20	0,29	18,58	20,0	203,6
3e «	+13,81	+23,90	0,45	14,64	57,4	226,7
Mois	+14,24	+25,15	0,41	16,28	105,5	205,9

Dans ce mois, l'air a été calme 5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,63 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 68°,2 O., et son intensité est égale à 27,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1871.

Le 1, brouillard le soir.
2, id. le matin et le soir.
3, id. presque tout le jour.
5, id. tout le jour.
6, id. le matin.
9, à 7 heures du soir, faible orage avec éclairs et tonnerres.
10 et 11, brouillard tout le jour.
12, brouillard le matin.
15, id. le matin et le soir.
17, la glace a disparu entièrement du lac près de l'hospice.
19, à 5 h. soir, orage avec éclairs et tonnerres du côté du Nord-Est.
21, brouillard le matin.
23, dès 9 3/4 h. m., fréquents coups de tonnerres au Nord-Est, l'orage éclate un peu plus tard à l'hospice. Vers 5 h. soir, second orage avec éclairs et tonnerres; brouillard presque tout le jour.
24, brouillard presque tout le jour.
25, id. ; il est tombé un peu de neige, en trop petite quantité pour que la hauteur pût être mesurée.
28, brouillard le soir.
30 et 31, brouillard presque tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm
Le 1 à 8 h. matin	569,15
6 à 10 h. soir	572,70
17 à 8 et 10 h. soir	574,00
22 à 10 h. soir	569,46
29 à 10 h. matin	572,30

MINIMUM.	mm
Le 3 à 4 h. après m.	564,47
12 à 6 h. matin	564,40
21 à 6 h. matin	567,73
25 à midi	560,53
31 à 6 h. matin	566,79

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.			
1	568,77	+ 0,90	568,47	569,15	+ 8,10	+ 2,70	+ 5,2	+10,8	.....	.....	....	SO. 1	0,82
2	567,68	— 0,25	566,59	568,66	+ 7,02	+ 1,56	+ 5,5	+10,3	.....	.....	....	SO. 1	0,74
3	565,03	— 2,95	564,47	565,82	+ 2,96	— 2,56	0,0	+ 7,0	10	12,2	....	SO. 1	0,94
4	569,00	+ 0,97	566,72	570,15	+ 5,75	+ 0,17	— 1,0	+10,2	.....	.....	....	calme	0,20
5	570,08	+ 2,00	569,99	570,28	+ 3,80	— 1,84	+ 2,0	+ 6,0	.....	5,7	....	variable.	0,89
6	571,80	+ 3,67	570,69	572,70	+ 2,02	— 3,68	— 0,8	+ 5,5	.....	.....	....	NE. 1	0,33
7	571,96	+ 3,78	571,80	572,23	+ 7,22	+ 1,47	+ 6,0	+12,6	.....	.....	....	NE. 1	0,00
8	571,06	+ 2,83	570,97	571,26	+ 9,55	+ 3,75	+ 5,8	+12,4	.....	.....	....	NE. 1	0,17
9	571,19	+ 2,92	570,81	571,65	+10,30	+ 4,45	+ 7,5	+14,5	.....	7,6	....	NE. 1	0,56
10	569,44	+ 1,13	568,27	570,51	+ 7,59	+ 1,69	+ 6,8	+10,2	.....	.....	....	SO. 1	0,84
11	565,20	— 3,15	564,62	566,72	+ 4,03	— 1,92	+ 0,5	+ 6,4	.....	15,0	....	SO. 1	0,97
12	566,41	— 1,98	564,40	567,73	— 0,57	— 6,56	— 1,3	+ 1,2	20	7,2	....	NE. 1	0,68
13	569,51	+ 1,08	567,96	570,65	+ 5,55	— 0,48	+ 3,2	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 1	0,50
14	570,79	+ 2,32	570,11	571,39	+ 7,96	+ 1,89	+ 5,3	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,26
15	572,08	+ 3,57	571,07	573,08	+ 8,74	+ 2,63	+ 7,0	+11,8	.....	.....	....	NE. 1	0,72
16	573,32	+ 4,77	572,87	573,65	+10,37	+ 4,23	+ 6,8	+14,4	.....	.....	....	NE. 1	0,36
17	573,67	+ 5,09	573,42	574,00	+12,43	+ 6,26	+ 7,6	+15,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
18	573,14	+ 4,53	572,99	573,35	+13,97	+ 7,77	+10,4	+17,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
19	571,69	+ 3,05	571,35	572,32	+14,29	+ 8,06	+12,1	+17,5	.....	4,6	....	NE. 1	0,41
20	568,25	— 0,32	568,11	568,65	+ 9,33	+ 3,07	+ 5,8	+13,0	.....	.....	....	NE. 0	0,77
21	568,46	— 0,24	567,73	569,06	+ 7,39	+ 1,10	+ 3,0	+10,7	.....	.....	....	NE. 1	0,20
22	569,04	+ 0,31	568,96	569,46	+11,66	+ 5,35	+ 7,4	+15,0	.....	.....	....	SO. 1	0,33
23	567,42	— 1,33	566,62	568,06	+ 8,83	+ 2,50	+ 8,2	+11,0	.....	5,6	....	SO. 1	0,89
24	564,44	— 4,33	563,68	565,10	+ 5,72	— 0,63	+ 2,8	+ 9,6	.....	11,5	....	variable	0,89
25	561,12	— 7,67	560,53	562,26	+ 1,84	— 4,53	+ 1,2	+ 5,8	.....	8,2	....	NE. 1	0,93
26	563,84	— 4,97	562,23	565,09	+ 7,21	+ 0,83	+ 1,2	+11,3	.....	.....	....	NE. 1	0,08
27	568,26	— 0,57	566,72	569,51	+ 8,40	+ 2,01	+ 7,0	+12,5	.....	.....	....	SO. 1	0,68
28	570,99	+ 2,15	569,76	572,25	+ 7,82	+ 1,42	+ 6,2	+10,7	.....	.....	....	NE. 1	0,94
29	571,25	+ 2,40	570,05	572,30	+10,41	+ 4,00	+ 6,2	+14,5	.....	.....	....	SO. 1	0,11
30	567,47	— 1,39	567,07	568,54	+ 6,95	+ 0,54	+ 5,3	+11,6	.....	.....	....	variable	0,87
31	567,55	— 1,32	566,79	568,65	+ 0,94	— 5,47	0,0	+ 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,87

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1871.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	569,50	569,68	569,72	569,76	569,75	569,62	569,55	569,70	569,67
2e »	570,02	570,30	570,41	570,40	570,48	570,51	570,56	570,72	570,80
3e »	566,90	567,15	567,24	567,33	567,34	567,40	567,38	567,51	567,61
Mois	568,75	568,98	569,06	569,10	569,13	569,12	569,11	569,26	569,31

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,56	+ 6,24	+ 7,99	+ 9,04	+ 9,52	+ 9,12	+ 7,82	+ 6,41	+ 5,77
2e »	+ 6,70	+ 8,43	+10,35	+11,02	+11,35	+10,91	+ 9,74	+ 8,21	+ 7,48
3e »	+ 5,12	+ 7,17	+ 8,44	+ 9,73	+ 9,55	+ 8,94	+ 7,57	+ 7,03	+ 6,58
Mois	+ 5,45	+ 7,28	+ 8,91	+ 9,92	+10,12	+ 9,63	+ 8,35	+ 7,21	+ 6,61

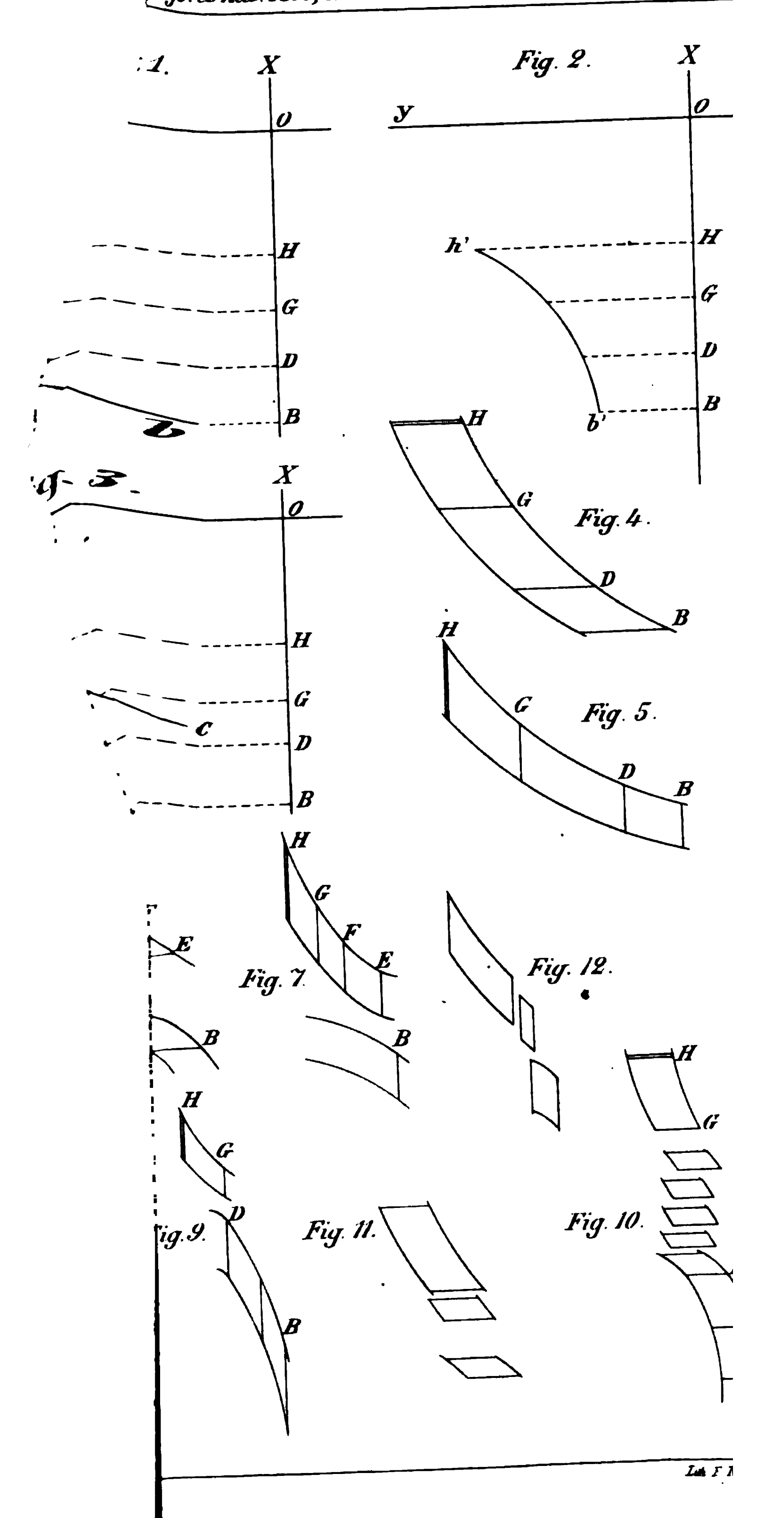
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 3,70	+ 9,95	0,55	25,5	10
2e »	+ 5,74	+11,66	0,47	26,8	20
3e »	+ 4,41	+10,59	0,62	25,3	—
Mois	+ 4,61	+10,73	0,55	77,6	30

Dans ce mois, l'air a été calme 22 fois sur 100.

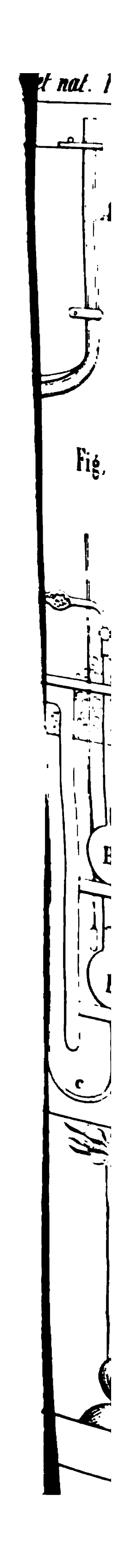
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,73 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 22,6 sur 100.

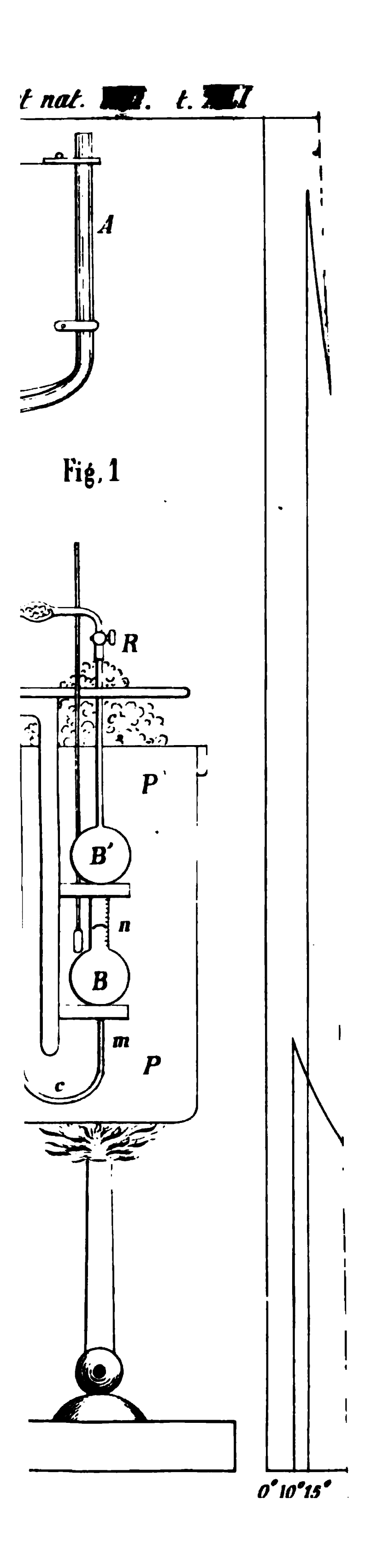
* Voir la note du tableau.

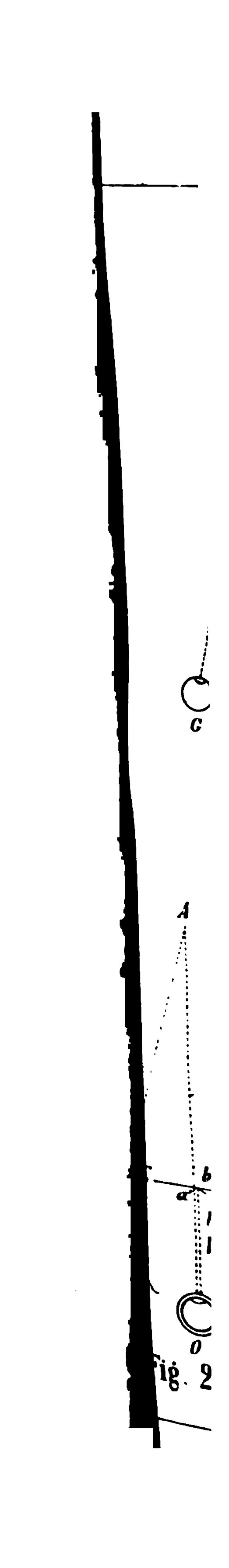


...1.
X
O
H
G
D
B
b
Fig. 2.
X
Y
O
h'
H
G
D
B
b'
...3.
X
O
H
G
c
D
B
H
G
Fig. 4.
D
B
H
G
Fig. 5.
D
B
H
G
F
E
Fig. 7.
B
E
B
Fig. 12.
H
G
H
G
D
...ig. 9.
B
Fig. 11.
Fig. 10.



t nat. 1
Fig.
c


t nat. [redacted]. t. [redacted]
A
Fig. 1
R
P
B'
n
B
m
P
c
0° 10° 15°


G
A
b
a
o
ig. 2

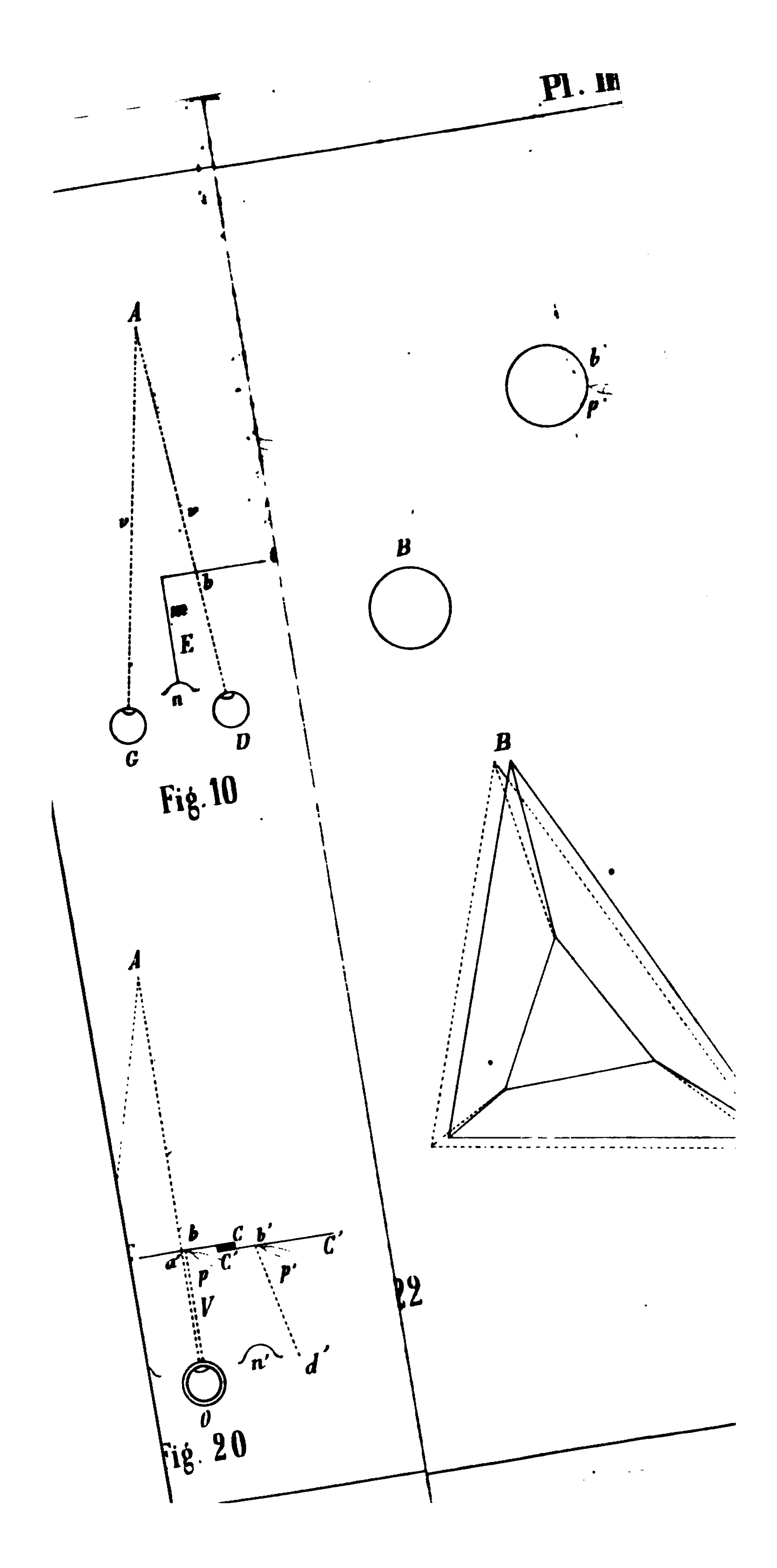


Fig. 10

Fig. 20

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XLI (NOUVELLE PÉRIODE)

1871. — Nos 161 à 164.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME QUARANTE-DEUXIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
JOEL CHERBULIEZ
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1871

REVUE SOMMAIRE

DE

QUELQUES TRAVAUX ET FAITS ASTRONOMIQUES RÉCENTS

Je me propose de donner ici un léger aperçu de ce qui a eu lieu de plus saillant, en fait de travaux et d'événements astronomiques, depuis la Notice sur le même sujet que j'ai publiée dans le cahier de juin 1869 de nos *Archives*. Il va sans dire que cet aperçu sera loin d'être complet, mais il suffira, j'espère, pour montrer, qu'à travers les difficultés et les complications résultant de grandes et déplorables perturbations sociales dans une partie du continent européen, la science a continué à marcher avec une activité remarquable. Ce sera surtout, comme précédemment, d'après les documents publiés par la Société astronomique de Londres, que j'exposerai ce qui a été fait dernièrement.

Mémoires de la Société astronomique.

Cette Société a continué la publication de son recueil de *Mémoires* dans le format in-4°, et de ses *Notices mensuelles* dans le format in-8°, dont les n^os^ de cette année formeront le tome 31me [1].

Les derniers volumes du recueil in-4° qui ont paru

[1] Le secrétaire adjoint de la Société a dressé une table générale des matières contenues dans les 29 premiers volumes des *Monthly Notices*, qui a paru en 1870, en un volume 8° de 212 pages, et qui sera très-utile.

sont les tomes 37 et 38. Le tome 37 renferme : 1° Un rapport du major Tennant sur les observations de l'éclipse totale de Soleil du 18 août 1868 faites à Guntoor dans l'Inde anglaise, rapport déjà mentionné dans ma précédente notice. 2° Un mémoire du capitaine Clarke, sur l'usage avantageux fait par lui, sur une montagne d'Ecosse en 1868, pour déterminer la vraie direction du méridien, d'une lunette méridienne diagonale, construite par Brauer à l'observatoire de Poulkova, où les rayons de lumière sont réfléchis par un prisme latéral intérieur, à travers l'un des pivots creux de l'instrument, sur l'oculaire placé de côté, comme dans les télescopes newtoniens, de manière à faciliter l'observation des passages d'étoiles à toutes les hauteurs. 3° Un mémoire de M. Stone sur la détermination de la constante de la Nutation, résultant d'observations de la Polaire, de la 51° de Céphée et de δ de la petite Ourse, faites de 1851 à 1865 avec le cercle des passages de l'observatoire de Greenwich. La valeur moyenne qui en résulte pour cet élément est de 9",134 ; elle est plus petite de 0",09 que celle obtenue précédemment par M. Péters. Ma Notice de 1869 contient quelques détails sur ce grand travail.

Le tome 38 des Mémoires renferme : 1° Un septième catalogue d'étoiles doubles, résultant d'observations faites à Slough par sir John Herschel, de 1823 à 1828, avec son télescope à réflexion de 20 pieds, et qu'il n'avait pas encore publiées ; 2° un mémoire du professeur Cayley sur la détermination de l'orbite d'une planète d'après 3 observations.

Notices nécrologiques.

La Société royale astronomique a perdu, depuis ma

dernière Notice, quelques-uns de ses membres, au nombre desquels je citerai d'abord MM. Arthur Barclay et Charles Frodsham. Le premier, amateur distingué d'astronomie, s'était fait construire à Bury Hill, près de Londres, un observatoire particulier, muni, entre autres, d'un équatorial dont l'objectif avait 8 pouces de diamètre. Le second était fils et successeur d'un très-habile constructeur de chronomètres. Il avait publié divers mémoires et rapports relatifs à l'horlogerie de précision, et avait, comme expert en cet art, fait partie des jurys, lors des grandes expositions de Londres et de Paris.

Mais les pertes les plus considérables que la Société ait faites dernièrement, ont été celle de son président de cette époque, l'amiral Russell Henri Manners, mort le 9 mai 1870; et plus récemment, le 11 mai 1871, celle d'un de ses plus illustres fondateurs et anciens présidents, Sir John Herschel, qui avait atteint l'âge de 79 ans.

L'amiral Manners était né à Londres, le 31 janvier 1800. Après une longue et honorable carrière dans la marine royale britannique, il s'était retiré du service actif en mars 1849. Élu membre de la Société astronomique en 1836, il en était successivement devenu, depuis 1848, secrétaire honoraire, secrétaire en titre pour l'étranger, et enfin président en 1869. Ses connaissances étendues, scientifiques et littéraires, sa position sociale et son amabilité de caractère le rendaient très-propre à l'accomplissement de ses fonctions. Il n'a pas publié de mémoires d'astronomie proprement dits, mais en présentant, le 12 février 1869, la médaille d'or de la Société à M. Stone, il l'a accompagnée d'un exposé étendu des travaux de cet astronome, qui prouvait combien M. Manners était lui-même au courant des théories qui en faisaient l'objet.

Sa maladie l'a empêché d'achever sa seconde année de présidence, et c'est M. le professeur Adams, de Cambridge, qui a rédigé une savante adresse à M. Delaunay, en lui présentant, le 11 février 1870, la médaille d'or de la Société pour sa grande théorie de la Lune.

La Société astronomique a élu, le même jour, pour son nouveau président bisannuel, M. William Lassell, bien connu par ses nombreux travaux d'observation, soit près de Liverpool, soit à Malte, accomplis avec de grands télescopes à réflexion construits par lui, et dont j'ai eu souvent l'occasion de parler dans mes précédentes notices.

Quant à Sir John Herschel, qui a dignement succédé dans sa carrière astronomique, à son illustre père Sir William, il faudrait tout un volume pour bien retracer l'histoire de sa vie, de son caractère et de ses travaux, si multipliés et si importants. J'ose espérer que ce travail sera dignement exécuté en Angleterre, et je ne puis nullement prétendre l'esquisser seulement ici, quelque désir que j'en eusse, ayant été honoré personnellement de plusieurs témoignages de sa bienveillance.

Le monde savant connaît bien déjà les principaux traits de sa vie : ses études, ses succès et ses productions mathématiques à l'Université de Cambridge ; ses observations d'étoiles doubles et de nébuleuses en Angleterre ; ses quatre années de séjour au cap de Bonne-Espérance, pour y explorer le ciel austral, et les importantes publications qui en ont été le résultat.

Après avoir été ensuite pendant quelques années, comme Newton, directeur de la monnaie de Londres, Sir John s'est retiré à Collingwood, dans le comté de Kent, et y a continué ses travaux scientifiques. Il y a élevé une nombreuse famille, et a eu la satisfaction de voir

déjà deux de ses fils se faire connaître avantageusement en Astronomie : l'un, Alexandre, professeur à Glascow et membre de la Société royale de Londres, par ses recherches sur les météores lumineux ; l'autre, John, capitaine ingénieur aux Indes, par ses observations faites à l'occasion de la grande éclipse de Soleil de 1868.

C'était surtout par piété filiale que Sir John s'était voué à l'observation du ciel, car son goût naturel le portait plutôt vers la chimie, dont il s'est occupé occasionnellement. Il a rendu un grand service à la photographie, en faisant connaître la propriété de l'hyposulfite de soude de dissoudre le chlorure d'argent.

Sir John Herschel s'est toujours montré éminemment honorable par son caractère moral et religieux. Les dernières années de sa vie ont été douces et paisibles. Il a conservé ses facultés et son activité laborieuse jusqu'à la fin de sa carrière terrestre. Il avait été créé baronnet par la reine Victoria, et l'Angleterre lui a décerné un dernier hommage, en plaçant sa dépouille mortelle dans l'abbaye de Westminster, à côté de celle d'Isaac Newton [1].

Observatoire royal de Greenwich.

L'observatoire de Greenwich continue à tenir le premier rang parmi ceux de la Grande-Bretagne et peut-être

[1] J'ai publié, en 1833, dans les tomes 53 et 54 de la *Bibliothèque universelle*, et, en 1847, dans le n° 23 des *Archives*, des analyses du *Traité d'astronomie* de sir John Herschel et de son grand ouvrage sur les *Résultats de ses observations au Cap*. Il a déjà paru d'intéressantes notices biographiques sur ce savant illustre, soit dans l'*Athenæum* du 20 mai, soit dans le numéro du 25 mai du journal scientifique anglais *Nature*. Sir W. Thomson lui a rendu aussi un juste témoignage d'admiration et de regrets, dans son discours prononcé le 2 août, à l'ouverture de la réunion de l'Association britannique à Edimbourg.

du monde entier. J'ai eu déjà de nombreuses occasions de parler des séries d'observations régulières astronomiques, météorologiques et magnétiques qui s'y effectuent maintenant, et je dois me borner à signaler ici les travaux spéciaux et les événements les plus récents relatifs à ce grand établissement national, si habilement dirigé par M. Airy.

Le nouveau catalogue des positions dans le ciel d'environ 2760 étoiles au 1er janvier 1864, résultant des sept années d'observations, faites de 1861 à 1867, avec le cercle des passages, a été publié et distribué avec le volume des observations de 1868. Ce catalogue aura, entre autres, l'avantage de fournir des données pour déterminer les mouvements propres de toutes les étoiles observées par Bradley.

Le volume in-4° des observations faites en 1868 contient encore deux autres appendices : savoir 1° un mémoire de M. Breen sur les corrections à appliquer aux éléments des orbites de Jupiter et de Saturne obtenus par Bouvard ; 2° une description très-détaillée, accompagnée de planches, du grand équatorial de l'observatoire de Greenwich, dont la lunette, à tube en bois, a un objectif, de Merz de Munich, de 12 $^{3}/_{4}$ pouces anglais d'ouverture effective et d'environ 12 pieds de distance focale. On peut suivre, avec cette lunette, le mouvement diurne des astres, à l'aide d'un mécanisme mis en action par une chute d'eau.

D'après le rapport présenté par M. Airy, le 3 juin 1871, au Bureau officiel des visiteurs de cet établissement, les observations de l'étoile zénithale γ du Dragon, faites le printemps dernier avec une lunette achromatique dont le tube est rempli d'eau, ont été à peu près com-

plétement réduites. Quoique cet instrument ne soit distant que de peu de mètres du cercle des passages, M. Airy n'estime pas que sa latitude astronomique soit encore connue avec une précision suffisante, et il attend les observations d'automne avant de se prononcer avec certitude sur les résultats relatifs à la question de l'aberration de la lumière. Mais, en supposant la latitude géodésique en accord avec la latitude astronomique, il trouve le coefficient de l'aberration sensiblement le même avec cette lunette liquide qu'avec les lunettes ordinaires.

M. Stone, premier adjoint de l'observatoire depuis quelques années, ayant été appelé, dans l'été de 1870, à la direction de l'observatoire royal du cap de Bonne-Espérance, après la retraite de Sir Thomas Maclear, a été remplacé à Greenwich par M. William Christie, l'un des professeurs agrégés (Fellows) du collége de la Trinité à Cambridge.

Éclipse de Soleil de 1870.

L'éclipse de Soleil du 22 décembre 1870 a pu être observée en bonne partie à Greenwich, et la réduction des observations a prouvé que les erreurs des tables de la lune de Hansen étaient petites, et sensiblement les mêmes près de la conjonction que dans les autres parties de l'orbite lunaire.

Cette éclipse devant être totale, pendant environ 2 $^1/_2$ minutes, sur les rives occidentales de la mer Méditerranée, a donné lieu à plusieurs expéditions scientifiques considérables pour aller l'y observer, comme cela avait eu lieu déjà, à peu près dans la même région, lors de l'éclipse totale du 18 juillet 1860.

La principale de ces expéditions, munie d'un grand

nombre d'instruments appropriés aux diverses recherches, est partie par le vaisseau anglais l'*Urgent*, pour débarquer des astronomes en 4 stations, savoir en Sicile, à Cadix, à Gibraltar et à Oran. MM. Lockyer, Huggins, Carpenter et Tyndall en ont fait partie, et le professeur Adams les a rejoints à Naples avec d'autres personnes. Lord Lindsay, avec quelques habiles observateurs, s'est rendu de son côté à Cadix avec un appareil photographique complet. Il y a eu aussi une expédition d'astronomes des États-Unis d'Amérique, qui se sont établis en Sicile sous la direction du professeur Pierce et en Espagne sous celle du professeur Winlock. M. Janssen a réussi à quitter en ballon Paris assiégé, pour aller observer l'éclipse à Oran. Les pères Secchi et Denza, MM. Cacciatore, Blaserna et Donati l'ont observée à Augusta et à Terra-Nova en Sicile, le père Serpieri en Calabre; le professeur Roscoe et M. de Schio sont montés sur l'Etna dans la même intention; MM. Weiss et Oppolzer se sont rendus à Tunis pour le même but.

Malheureusement, outre un accident grave qu'a éprouvé le navire la *Psyché*, amenant une partie de l'expédition anglaise près des côtes de Sicile, le temps a été généralement peu favorable aux observations, et des nuages ont plus ou moins obscurci le ciel pendant la durée de l'éclipse. Cependant, Lord Lindsay et MM. Willard et Brothers ont obtenu de bonnes photographies pendant l'éclipse totale, et la couronne lumineuse, qui apparaît alors autour du disque obscur de la Lune, a été spécialement l'objet d'un grand nombre d'observations. Elles ont confirmé l'opinion que cette couronne émane du Soleil, et qu'elle se compose de deux couches concentriques : l'intérieure, qui est la plus brillante, a de 2 à 5 minutes de

degré de largeur ; l'extérieure est radiée, et sa lumière va en s'affaiblissant graduellement, jusqu'à une distance de près de 15 minutes à partir du disque obscur. Une partie de cette lumière est polarisée, de sorte qu'elle peut réfléchir celle du Soleil, en même temps qu'en émettre une propre.

Le père Secchi, en comparant les dernières photographies de cette couronne, avec celles obtenues lors des éclipses de 1860, 1868 et 1869, a constaté qu'elles s'accordaient à manifester un affaiblissement de lumière et un abaissement vers les deux pôles du Soleil. Des expériences récentes, faites en temps ordinaire, lui ont montré que le disque du Soleil présente, en effet, habituellement deux calottes moins lumineuses près des pôles, d'environ 40 à 50 degrés d'étendue à partir de ces points, et que c'est aussi là que l'on voit le moins de protubérances rosées. Le n° de mai 1871, du *Bulletin météorologique du Collége romain,* où cet astronome a inséré ces remarques, renferme aussi l'annonce que le professeur Tacchini de Palerme, auquel on doit déjà d'intéressantes représentations des protubérances solaires journalières observées par lui, est arrivé, en un jour très-clair, à voir la couronne en plein Soleil, en regardant cet astre derrière un obstacle opaque convenablement disposé.

Éclipse totale de Soleil de 1871.

Il y aura encore, le 11 décembre prochain, une éclipse de Soleil invisible pour nous, qui sera totale pendant un peu plus de 2 minutes au Bengale, et pendant $4^m\ 18^s$ sur la côte nord-ouest de l'Australie, d'après les calculs de M. Ragoonathachary, premier adjoint de l'Observatoire de

Madras, communiqués par M. Pogson, directeur de cet observatoire, et dont les résultats détaillés ont paru dans le n° de mars 1871 des *Monthly Notices*. D'après un article récent du journal *Nature*, le Conseil de la Société astronomique s'est occupé des mesures à prendre pour que cette éclipse puisse être observée dans l'île de Ceylan. Il existe bien maintenant 4 observatoires en Australie, ceux de Sydney, de Windsor, de Melbourne et d'Hobart-town, mais ils sont tous situés dans la partie méridionale de ce continent. La Société royale de Londres et l'Association britannique joignent leur action à celle de la Société astronomique, auprès du gouvernement anglais, pour qu'il facilite l'observation de cette éclipse.

Analyses spectrales et observations des protubérances solaires.

Le P. Secchi a publié, en 1868, dans les *Actes de la Société italienne des 40*, deux mémoires importants, accompagnés de planches, sur les spectres prismatiques des étoiles fixes. Divers observateurs se sont occupés aussi des lignes spectrales qu'on peut distinguer dans les aurores boréales. Je dois citer encore les recherches spectroscopiques de M. Respighi sur la scintillation stellaire.

Depuis la mémorable découverte, faite à peu près en même temps par MM. Janssen et Lockyer, immédiatement après la grande éclipse du 18 août 1868, de la possibilité d'observer les protubérances solaires hors des moments des éclipses totales, on a continué avec une grande activité les recherches de ce genre, et je ne pourrais en rapporter ici tous les détails. Je me bornerai à dire que MM. Huggins, Lockyer et Young en Angleterre,

MM. Zœllner, Spœrer et Littrow en Allemagne, le P. Secchi et M. Respighi à Rome, M. Tacchini à Palerme, M. Ellery à Melbourne, M. Hennessey à Mussœrie et le professeur Winlock en Amérique, ont été entre les principaux auteurs de travaux récents dans cette partie si curieuse et si neuve de la science. L'optique, la physique, la chimie et l'astronomie s'y trouvent pour ainsi dire en contact mutuel, et amènent par leur concours des résultats très-remarquables, pour l'extension de nos connaissances sur la nature des corps célestes, et spécialement sur celle de notre Soleil [1].

Il a paru, en 1870 et 1871, deux ouvrages spéciaux intéressants sur cet astre : l'un en français du P. Secchi, l'autre en Anglais de M. Richard Proctor. Mon neveu, M. Émile Gautier, a publié dans le n° de mai 1871 de nos *Archives*, une analyse étendue des recherches de M. Respighi sur les protubérances solaires, et il a entrepris lui-même, avec un appareil de Hoffmann adapté à l'équatorial de notre observatoire, une série d'observations de ces protubérances.

Prochain passage de Vénus.

Un passage de la planète Vénus sur le disque du Soleil aura lieu le 8 décembre 1874; il doit être observé dans des régions terrestres fort distantes entre elles, et reconnues les plus avantageuses pour en déduire

[1] Les savants mémoires sur le Soleil de M. le professeur Zœllner, de Leipsic, ont paru, soit dans le Recueil de ceux de la Société royale de Saxe, soit dans les numéros 1815-1816, 1835 et 1849-1852 des *Astr. Nachrichten*. M. Spœrer, dans le numéro 1851 de ce dernier journal, conclut de ses observations l'existence, dans les hautes régions de l'atmosphère solaire, d'un courant dirigé de l'équateur vers les pôles.

une valeur exacte de la parallaxe du Soleil. Les 5 stations adoptées par les Anglais pour cette observation sont, dit-on, Alexandrie et les îles Kerguelen, Rodriguez, Woahoo (île Sandwich) et Auckland (Nouvelle-Zélande). J'ai déjà eu l'occasion de parler, dans de précédentes notices, des publications de M. Airy et de quelques autres astronomes, à l'occasion de ce phénomène important. Voici ce que M. Airy dit à ce sujet, dans son dernier rapport au Bureau des visiteurs cité plus haut :

« Mon temps a été occupé, en partie, par des préparatifs pour le passage de Vénus. J'ai pris des mesures pour pourvoir chacune des 5 stations d'un instrument des passages, d'un cercle de hauteur et d'azimut et d'un équatorial. J'ai déjà les cinq instruments des passages, neufs et montés sur des piliers en pierre. J'ai aussi cinq pendules, dont deux de l'observatoire royal et trois neuves, un cercle de hauteur et d'azimut de l'observatoire et quatre neufs ; enfin cinq équatoriaux, à lunettes de 6 pouces d'ouverture, munies d'un mouvement d'horlogerie. Pour accompagner ces deux dernières classes d'instruments je n'ai qu'une pendule, et je dois m'en procurer encore neuf. On doit préparer 15 observatoires portatifs, dont je pourrai exhiber des spécimens aux visiteurs. L'observatoire royal peut fournir trois lunettes mobiles de 4 pouces d'ouverture et il est à désirer qu'on en ait deux de plus.

« Mes préparatifs ne sont relatifs qu'aux observations du contact des limbes des deux astres faites à l'œil. Cette méthode, avec toutes les chances et les défauts auxquels elle est sujette, possède l'inestimable avantage d'être indépendante d'échelles instrumentales. J'espère que l'erreur d'observation n'excédera pas 4 secondes de temps,

correspondant à environ 0″,13 d'arc. Je serais très-content de voir, sous une forme détaillée, un plan pour effectuer les mesures convenables au moyen d'appareils héliométriques ou photographiques, et j'attacherais un grand intérêt à les combiner avec les observations faites à l'œil, si les stations que j'ai choisies le permettaient. Mais j'ai actuellement une impression de doute sur la certitude de l'égalité des parties de l'échelle employée. Une erreur dépendant de cette cause ne pourrait être diminuée par aucune répétition des observations.

« Divers membres du corps de l'artillerie royale ont exprimé leur désir de prendre part aux observations du passage de Vénus. Je crois qu'il s'y joindra des officiers de la marine royale. »

M. Airy ayant appelé le Bureau des visiteurs à discuter la convenance de l'adoption d'un plan d'observations photographiques lors du passage de Vénus, il paraît (d'après le n° du 8 juin, p. 107 du journal *Nature*) que le Bureau a résolu affirmativement cette question, et a demandé au gouvernement anglais une somme supplémentaire de 5000 livres sterling pour mettre ce plan à exécution.

Il existe aussi, en Allemagne, une commission des principaux astronomes de ce pays-là, pour préparer l'observation du passage de Vénus de 1874. D'après la mention qui en est faite dans le n° de mai 1871 des *Monthly Notices*, la seconde conférence de cette commission a eu lieu à Berlin, du 27 au 28 mars de cette année, entre dix astronomes. Il y a été résolu qu'on établirait pour l'observation de ce phénomène quatre stations héliométriques, dont une dans l'hémisphère boréal, au Japon ou en Chine, en admettant que la Russie en institue

d'autres au nord-est de l'Asie, et trois dans l'hémisphère austral, savoir deux dans le voisinage des îles Kerguelen et Auckland, et la troisième à l'île Maurice. On y a décidé aussi qu'il y aurait quatre stations photographiques, savoir celles du nord et des îles Kerguelen et Auckland, et une quatrième en Perse, entre Mascate et Téhéran. Il faudra pour ces stations 9 astronomes, 8 photographes et 9 aides.

Une commission française, formée avant la dernière guerre, et composée de l'amiral Paris et de MM. Faye, Laugier, Villarceau et Puiseux, avait rapporté au Bureau des longitudes qu'il serait particulièrement désirable que les astronomes de cette nation qui feraient cette observation, occupassent les îles de Saint-Paul et d'Amsterdam, Yokohama au Japon, Tahiti, Noumea, Mascate et Suez. Il est peu probable que les tristes événements dont la France vient d'être le théâtre aient permis de donner suite jusqu'à présent à ces propositions, mais on doit espérer qu'elles pourront être reprises.

Quant à la Russie, sa vaste étendue présente des positions favorables pour l'observation du passage de Vénus. M. Otto Struve a organisé il y a deux ans un comité, pour prendre en considération l'établissement d'une chaîne d'observateurs, qui seraient placés à des intervalles d'environ cent milles de distance, le long de la région comprise entre le Kamtschatka et la mer Noire, à cause des incertitudes que présentent, dans ces parages, les conditions atmosphériques du mois de décembre. Ces dispositions rappellent ce qui a déjà été fait par la Russie, sous l'impératrice Catherine II[de], pour l'observation du passage de Vénus de 1769, où deux astronomes genevois, Jacques André Mallet et Jean-Louis Pictet-Mallet, furent entre

autres, chargés de se rendre dans la Laponie russe pour y faire cette observation.

Observatoires d'Oxford et de Cambridge.

M. Main, directeur de l'observatoire d'Oxford, a publié, en 1870, en un volume grand in-8° de 160 pages, le second catalogue général d'étoiles de cet établissement, résultant des observations faites, de 1854 à 1861 inclusivement, avec un cercle-méridien de Jones et un instrument des passages. Ce catalogue comprend 2386 étoiles, dont la position est ramenée au 1er janvier 1860. Il s'y trouve des étoiles doubles et quelques étoiles de neuvième et dixième grandeur. L'auteur indique soigneusement le nombre d'observations sur lesquelles se fondent les positions moyennes de chaque étoile en ascension droite et en distance polaire, ainsi que leurs précessions annuelles et séculaires, et leurs mouvements propres quand ils ont pu être évalués. Tous les calculs ont été faits soit par M. Main, soit par son adjoint M. Lucas.

Depuis la fin de 1861, le cercle de passages acquis de M. Carrington a été substitué à Oxford aux deux instruments précédents, pour les observations méridiennes. Les deux derniers volumes d'observations annuelles qui ont paru, en 1869 et 1870, ont été ceux des années 1866 et 1867. Ils comprennent chacun, en un volume d'environ 350 pages grand in-8° : 1° une introduction contenant l'exposition détaillée des instruments, de leur emploi et de la réduction des observations ; 2° les positions des étoiles observées, au nombre de 987 en 1866 et de 1477 en 1867, et leurs réductions en catalogues pour le premier jour de l'année ; les observations réduites

du Soleil, de la Lune et des planètes, comparées aux tables; enfin les observations d'étoiles doubles, faites avec le grand hélomètre de cet observatoire, et les observations occasionnelles d'éclipses, d'occultations et d'essaims de météores lumineux ; 3° les résultats d'observations météorologiques très-complètes, faites la plupart avec des instruments enregistreurs par voie photographique, et accompagnées de nombreuses tables.

L'observatoire d'Oxford a été construit en 1772, avec une partie des fonds légués à l'Université par le D[r] John Radcliffe. L'astronome actuel de cet établissement adresse, chaque année, au Bureau des gardiens de la fondation, un rapport succinct qui est imprimé. Dans celui de juillet 1871 que j'ai reçu récemment, M. Main annonce que le volume des observations de 1868 va paraître, qu'il contiendra, entre autres, un catalogue annuel de 1772 étoiles, comparé à d'autres catalogues, un autre catalogue de 48 étoiles doubles, etc. Son rapport renferme aussi l'énoncé d'un résultat curieux et nouveau des observations faites à Oxford sur la direction du vent, savoir que cette direction moyenne annuelle, déduite des observations diurnes bihoraires, suit une marche périodique évidemment liée à celle des taches du Soleil. Ainsi, en 1860, année de *maximum* de taches, le vent a eu, en moyenne, sa direction la plus occidentale. En 1866, année de *minimum*, sa direction moyenne a été la plus méridionale, et pendant ces 6 ans, cette direction a marché graduellement de 58 degrés de l'ouest vers le sud. Dès lors elle a rétrogradé vers l'ouest, et M. Main prévoit que 1871, année de *maximum* de taches, verra, à très-peu de chose près, la direction moyenne du vent redevenir la même qu'en 1860. Il cite les recherches sur ce sujet com-

muniquées par M. Baxendell à la *Société philosophique de Manchester*.

L'observatoire de Cambridge a reçu, en décembre 1870, son nouveau cercle de passages, construit par Simms et dû à la munificence de Miss Sheepshanks. Il est muni d'une lunette de Cooke de 8 pouces d'ouverture, de deux cercles verticaux de 3 pieds de diamètre, où les lectures se font à l'aide de 4 microscopes micrométriques, et de 2 lunettes collimatrices de 6 pouces d'ouverture, qui peuvent être dirigées l'une sur l'autre à travers une ouverture dans le cube central. L'instrument peut être aisément et sûrement retourné à l'aide d'un appareil particulier. C'est M. Graham qui s'en occupera spécialement, sous la direction du professeur Adams.

Observatoire de Kew.

Le photohéliographe de l'observatoire de Kew a continué à fonctionner, sous la direction de M. De la Rue ; et dans l'année 1870, la neuvième de la série, on a obtenu, en 220 jours, 380 représentations photographiques du Soleil.

MM. De la Rue, Stewart et Lœvy ont présenté à la Société royale de Londres de nouveaux mémoires, soit sur la méthode adoptée par eux pour s'assurer de la position et des surfaces occupées par les taches sur le disque du Soleil, et sur son application aux observations faites à Kew de 1862 à 1866, soit sur l'examen de la collection de dessins de ces taches exécutées par M. Schwabe de Dessau, d'après ses observations comprises entre 1825 et 1867. Ils ont trouvé, en mettant leurs résultats sous une forme graphique, les dates suivantes pour les *Maxima* et *Minima* des taches :

1833, novembre 28, *Minimum.*
1836, décembre 21, *Maximum.*
1843, septembre 21, *Minimum.*
1847, novembre 14, *Maximum.*
1856, avril 21, *Minimum.*
1859, octobre 7, *Maximum.*
1867, février 14, *Minimum.*

Ces époques coïncident bien, en général, avec celles déterminées par M. Wolf de Zurich, mais il y a, cependant, quelques différences. Ainsi, ce dernier a trouvé :

1844,0 pour le 2me *Minimum* du tableau précédent.
1848,6 pour le 2me *Maximum*, »
1860,2 pour le 3me *Maximum*, »

Les astronomes anglais, que je viens de citer, ont aussi continué leurs études relatives à l'action des planètes sur les taches du Soleil. Les résultats qu'ils ont obtenus, d'après les observations faites de 1832 à 1868, prouvent qu'il y a un accroissement d'activité dans la production des taches solaires quand Jupiter et Vénus, ou Mars et Mercure sont angulairement peu éloignés l'un de l'autre dans le ciel, et, par conséquent, que leur action a lieu dans le même sens ; et qu'il y a décroissement, au contraire, quand ces planètes sont à près de 180 degrés l'une de l'autre.

L'observatoire de Kew était, jusqu'à présent, sous le patronage de l'*Association britannique pour l'avancement des Sciences*, dont la dernière session vient d'avoir lieu à Édimbourg, sous la présidence de Sir William Thomson. Ce savant a annoncé, dans son discours d'ouverture, que M. Gassiot avait fait un don de dix mille livres sterling

à l'observatoire de Kew, en plaçant l'administration de ce fonds sous la direction d'un Comité dépendant de la Société royale de Londres.

Observatoire de Dublin.

M. le Dr Brunnow, directeur actuel de l'observatoire de Dun Sink, près de Dublin, fait usage maintenant de la grande lunette achromatique de l'artiste français Cauchoix, de 11 $^{3}/_{4}$ pouces anglais de diamètre, donnée à cet établissement par sir James South, et montée équatorialement, en 1868, par MM. Grubb et fils. Il l'a employée à une nouvelle recherche de la parallaxe annuelle de α de la Lyre, en comparant sa position à celle de son petit compagnon, qui ne participe probablement pas à son mouvement propre. La valeur qu'il a obtenue est de 0",2143 avec une erreur probable de $\pm$ 0,0095. Il a comparé aussi l'étoile σ du Dragon avec une autre de dixième grandeur qui en est voisine, et il a trouvé ainsi la parallaxe de la première de 0",225 avec une erreur probable de $\pm$ 0",028. M. Brunnow regarde ces résultats comme ayant encore besoin de confirmation. Il continue ce genre de recherches et s'occupe aussi de mesures micrométriques d'étoiles doubles.

Observatoire de Stonyhurst.

L'observatoire du collége de Stonyhurst, dans le comté de Lancastre, date de l'année 1838, où il a été érigé pour des observations astronomiques et météorologiques, sur une petite élévation de terrain placée au centre du jardin. On y a établi alors un cercle-méridien, une lunette de passages et une lunette équatoriale de Jones, munies d'objectifs achromatiques de 3 à 4 pouces de diamètre.

En 1867, les autorités scolaires ont acquis un grand équatorial, qui avait appartenu à M. Péters, dont la lunette a 8 pouces d'ouverture et 11 $^1/_2$ pieds de longueur focale, et admet un grossissement de 750. L'instrument est muni d'un très-bon mouvement d'horlogerie, qui peut fonctionner pendant 6 heures sans être remonté. Un bâtiment spécial, constituant un nouvel observatoire, a été construit à l'occasion de cette acquisition, à une certaine distance de l'ancien, dans les caves duquel sont suspendus des magnétomètres. Stonyhurst a été choisi, en 1866, par le Bureau du commerce, comme l'une des trois stations météorologiques anglaises, et elle a été pourvue d'instruments enregistreurs météorologiques et magnétiques. Un grand spectroscope, construit par Simms, a été établi récemment près du nouvel équatorial, qui sert tout à la fois à des observations de comètes et d'étoiles doubles, et à l'étude des proéminences solaires et des lignes spectrales. Un mémoire a été présenté à la Société royale, sur la réduction d'une série de 7 années d'observations magnétiques faites à Stonyhurst. Les directeurs du Collége ont aussi autorisé l'emploi d'une partie des instruments magnétiques à des observations de ce genre faites en divers points de la France, et les premiers résultats de ces explorations magnétiques ont fait l'objet d'un autre mémoire. La position géographique de l'ancien bâtiment de cet observatoire, telle qu'elle a été déterminée, en 1850, par le Rév. A. Weld, donne :

$9^m52^s,68$ pour sa longitude en temps à l'ouest de Greenwich,

et $53°50'40''$ pour sa latitude boréale.

Autres observatoires anglais divers.

M. Stone, depuis son arrivée à l'observatoire du Cap de Bonne-Espérance, s'est attaché à déterminer, avec le cercle de passages, la position exacte des étoiles voisines du Pôle austral. Il a commencé aussi à observer de nouveau les étoiles doubles déjà observées au Cap par sir John Herschel. Il doit publier prochainement un catalogue de 328 étoiles, observées de 1856 à 1864, avec le nouveau cercle des passages.

M. Stone a reconnu récemment qu'il existait une connexion entre la période des taches solaires de M. Wolf et les températures terrestres au Cap. Le professeur Smyth, d'Édimbourg, paraît être arrivé à la même conclusion pour les températures de cette dernière ville, et M. Cleveland Abbe, directeur de l'observatoire de Cincinnati, cite (*Nature*, 15 juin 1871, p. 123) une discussion sur ce sujet, publiée dans le journal scientifique américain de Silliman, qui contient une intéressante confirmation de cette connexion. Je me suis occupé de ce sujet dès 1844, et j'ai publié alors, dans notre *Bibliothèque universelle*, un mémoire qui a été reproduit dans les *Annales de chimie et de physique* de la même année (tome 12, pp. 57-63).

Les astronomes ont appris avec joie que M. Carrington, dont les observations de taches du Soleil et le catalogue d'étoiles circompolaires sont justement appréciés, pouvait, après une interruption de quelques années, se livrer de nouveau à des travaux astronomiques. Il se fait ériger un nouvel observatoire à Churt, près de Farnham, sur une colline d'environ 60 pieds de hauteur. Une pendule y sera placée dans une caisse imperméable à l'air, au fond d'un puits de 6 pieds de diamètre et de 40 pieds de pro-

fondeur, de manière à y avoir une température et une pression invariables. L'observatoire, situé au-dessous du sol, sera pourvu d'un cercle de hauteur et d'azimut sur le principe de Steinheil, c'est-à-dire où l'axe horizontal est aussi l'axe optique. Un objectif de 6 pouces de diamètre, muni d'un prisme fixé à l'extérieur, est placé à l'un des bouts et l'oculaire à l'autre bout de l'axe.

L'observatoire particulier de M. Joseph Gurney Barclay, à Leyton, comté d'Essex, que j'ai déjà mentionné précédemment (*Archives*, septembre 1866), a continué à être en activité. M. Barclay a publié, en 1870, un second petit volume in-4° d'observations d'étoiles doubles, de comètes, d'éclipses et d'occultations, faites de 1865 à 1869 par M. Talmage, avec l'équatorial de cet observatoire, construit par MM. Cooke, et dont la lunette a 10 pouces d'ouverture.

Nouveaux instruments.

La Société royale de Londres a fait construire, par MM. Grubb de Dublin, un grand équatorial, auquel peut s'adapter, à volonté, soit une lunette achromatique de 15 pouces anglais d'ouverture et de 15 pieds de longueur focale, avec son tube, soit un autre tube contenant un miroir de 18 pouces de diamètre. Des spectroscopes sont adaptés à l'instrument. Celui de M. Grubb se compose d'une dixaine de prismes, procurant une dispersion totale d'environ 90°, et se mouvant automatiquement, de manière à présenter successivement les diverses parties du spectre à une lunette d'observation de 6 pouces de longueur focale et de 1 pouce d'ouverture. A angle droit de cette lunette, il y en a une autre de 4 $^1/_2$ pouces de foyer

servant de collimateur [1]. Ce grand équatorial a été placé par la Société royale entre les mains de M. Huggins, dont les travaux spectroscopiques sont bien connus du monde savant. Il a été établi à Upper Tulse Hill près de Londres, où se trouve l'observatoire de M. Huggins, dans une tourelle de 18 pieds de diamètre, construite exprès et ayant la forme d'un tambour.

Le grand télescope à réflexion, dont le miroir a 4 pieds de diamètre, monté équatorialement par les mêmes artistes, a été expédié à l'observatoire de Melbourne, en Australie, et l'on a tout lieu d'espérer que MM. Ellery et Mac George en tireront un très-bon parti. Ce dernier a déjà reconnu, avec ce télescope, de nouvelles petites étoiles près de Sirius.

La grande lunette achromatique équatoriale de 25 pouces d'ouverture et de 29 pieds de distance focale, construite dans les ateliers de MM. T. Cooke et fils, à York, pour M. Newall de Gateshead, a été achevée et transportée dans la propriété de M. Newall, à Ferndene. Le tube de la lunette, en plaques d'acier rivées, a 32 pieds de long, et il est renflé vers son milieu en forme de cigare. Près de l'oculaire se trouvent ajustés deux chercheurs de 4 pouces d'ouverture, et une lunette de 6 $^1/_2$ pouces pour observer les comètes. Un pilier en fer fondu de 19 pieds de hauteur, depuis le sol jusqu'au centre de l'axe de déclinaison, supporte l'instrument, qui est muni d'un cercle de déclinaison de 26 pouces de diamètre. Le poids total de ce colossal équatorial est de près de 9 tonnes.

[1] Une description du spectroscope automatique de M. Howard Grubb a paru dans le numéro de décembre 1870 des *Monthly Notices*. On trouve, dans les publications astronomiques récentes, de nombreux détails sur diverses modifications adaptées à ce genre d'instrument.

Un appareil d'horlogerie met aisément sa lunette en mouvement, grâce à l'habileté avec laquelle l'instrument est équilibré. Les cercles et les micromètres y seront éclairés par des tubes de Geissler. M. Newall se propose de l'établir dans un climat favorable, et de l'y mettre, pendant un certain nombre d'heures par jour, à la disposition des astronomes, sous la direction de M. Albert Marth.

MM. Troughton et Simms ont été récemment chargés de construire, d'après les dessins du colonel Strange, deux nouveaux secteurs zénithaux pour les grandes opérations trigonométriques qui se poursuivent dans l'Inde britannique. Ce sont des portions de cercle de 3 pieds de diamètre, munies chacune d'une lunette de 4 pouces d'ouverture et de 4 pieds de longueur focale, et où les lectures se font à l'aide de 4 microscopes micrométriques. L'un de ces secteurs est arrivé à Bangalore, présidence de Madras, et a été remis au capitaine John Herschel, chargé d'en faire l'application à la détermination de latitudes astronomiques à de courtes distances, dans le double but d'étudier les actions d'attraction locale et d'en éliminer les effets sur les mesures géodésiques. Cet ingénieur a trouvé qu'une seule nuit d'observation (de 36 étoiles en 6 heures) avec le nouveau secteur était amplement suffisante pour donner une latitude dont l'erreur probable ne dépassait pas un cinquième de seconde de degré. Il croit que ce résultat satisfaisant est entièrement dû à la grande stabilité de l'instrument.

Radiations calorifiques lunaire et stellaires.

La pile thermoélectrique a été employée récemment avec succès par plus d'un observateur pour des expériences sur la radiation lunaire.

Le comte Rosse a réussi, en mars et avril 1869, à l'aide de son télescope à réflexion de 3 pieds de diamètre, de deux thermopiles et d'un galvanomètre à réflexion de Thomson, à constater que la chaleur de la Lune augmente avec sa phase d'éclairage. Les rayons calorifiques qui se sont manifestés étaient, cependant, principalement de chaleur obscure, et lord Rosse en conclut que la plus grande partie de la chaleur reçue par la Lune est de la chaleur solaire, absorbée d'abord par la croûte lunaire, et renvoyée ensuite en radiation obscure. En employant un vase d'eau chaude comme terme de comparaison intermédiaire, il estime que la radiation de la pleine Lune n'est que la 89819me partie de celle du Soleil, valeur sensiblement la même que celle à laquelle on arrive par une recherche purement théorique. Des observations du même genre ont été faites à Paris vers la fin de 1869, par MM. Baille et Marié-Davy, et leurs résultats confirment en général ceux de lord Rosse.

Ce dernier a continué avec succès, en 1870, ses recherches sur la chaleur de la Lune. Il trouve la proportion de cette chaleur, transmise par une plaque de verre, représentée par le chiffre 12, tandis que la même plaque donne passage à 87 pour cent de chaleur solaire, et à 1,6 de chaleur d'un corps à la température de 180 degrés de Fahrenheit. Comme dans ces expériences sur la radiation lunaire, la quantité de chaleur mesurée par la thermopile représente la différence entre la radiation d'un cercle céleste contenant le disque de la Lune, et d'un cercle de même diamètre de la partie du ciel environnante, lord Rosse a cherché à lier la radiation du ciel à celle d'un corps de température connue; et ses observations lui donnent, pour la température apparente du ciel,

des valeurs comprises entre 16 et 31 degrés de Fahrenheit, soit de —8°,89 et —0°,56 centigrades.

M. Huggins avait obtenu, dès 1867, avec une thermopile très-sensible, un effet calorifique appréciable pour les étoiles Sirius, Régulus, Pollux et Arcturus.

M. Stone, avant de quitter Greenwich, y a essayé aussi, en 1868 et 1869, de déterminer le pouvoir calorifique de quelques étoiles. Il y a employé une thermopile en forme de fer à cheval, dont les deux faces, également exposées à l'objectif de la lunette du grand équatorial, étaient affectées de la même manière par les causes perturbatrices, de sorte que la chaleur de l'image de l'étoile, projetée sur chacune des faces de la pile, se manifestait seule. Il a obtenu ainsi, en plusieurs nuits, des indications positives de chaleur provenant d'Arcturus et d'α de la Lyre. Il a trouvé, en tenant compte de l'effet d'absorption de l'objectif, que la chaleur d'Arcturus, à une hauteur de 25 degrés, était de 0,00000137 d'un degré de Fahrenheit, et celle de α de la Lyre seulement d'environ les $^2/_3$ de cette quantité. Cela équivaut pour Arcturus à la chaleur d'un cube d'eau bouillante de 3 pouces de côté placé à 400 yards, soit $365^m,75$ de distance; tandis que pour celle de α de la Lyre, ce cube serait à 600 yards. M. Stone présume que la cause de la différence de pouvoir calorifique, entre ces deux étoiles de première grandeur, peut être liée à celle de leurs couleurs, l'une étant rouge et l'autre blanche. La chaleur manifestée diminue rapidement quand l'humidité augmente, et le moindre nuage ou brouillard fait disparaître tout effet sensible. Les détails de ces expériences ont été publiés dans les *Proceedings* de la Société royale de Londres de janvier 1870.

Variations d'éclat de l'étoile η du Navire Argo, et changements dans les nébuleuses voisines.

M. *Tebbutt*, qui observe depuis 1854, à Windsor, dans la Nouvelle-Galles du Sud, les remarquables variations d'éclat de cette étoile, a adressé récemment à la Société astronomique un tableau de la succession de ses décroissements de grandeur, ou d'éclat apparent, déterminés par lui de 1854 à 1870, par comparaison avec des étoiles voisines, en faisant usage, jusqu'à la fin de 1863, des étoiles de comparaison adoptées au Cap par Sir John Herschel. Voici un extrait de ses résultats.

En juillet 1854, η du Navire brillait comme une étoile de toute première grandeur.	
En mai 1860, elle n'était plus que de la grandeur représentée par le chiffre.....................	3,41
En avril et mai 1863, ce chiffre était de.........	4,66
En février et mars 1865, »	5,25
En février 1868, 1869 et 1870, »	6,20
Vers le milieu de 1869 et de 1870, »	6,40
En novembre et décembre 1870, »	6,25

On voit par là que, jusqu'en février 1868, il y a eu une diminution graduelle d'éclat, de la première à la sixième grandeur, qui a duré environ 14 ans, et que dès lors l'étoile, étant invisible à l'œil nu, a présenté de légères fluctuations, correspondant à environ $^1/_4$ de grandeur.

J'ai fait mention, dans ma Notice de 1869, des changements d'apparence observés par M. Abbott, à Hobart-Town, dans les nébuleuses voisines de cette étoile. Il a continué ses observations, et a transmis à la Société astronomique deux cartes de ces nébuleuses et des étoiles en-

vironnantes, dressées par lui en janvier 1870 et février 1871. Elles ont paru dans le numéro de juin 1871 des *Monthly Notices*, avec les remarques de l'auteur et celles de MM. Herschel et Airy. Ce dernier estime que M. Abbott a eu le mérite de signaler le premier des changements de position et de forme dans la nébuleuse voisine de η du Navire; mais sa lunette ayant seulement environ 4 pouces d'ouverture, il est à désirer qu'un nouvel examen soit fait avec un instrument plus puissant, et le grand télescope de Melbourne pourra être très-utile sous ce rapport.

Faits divers relatifs aux étoiles.

M. E.-B. *Powell*, de Madras, s'est occupé des éléments de l'orbite elliptique que décrivent, l'une autour de l'autre, les deux belles étoiles australes qui forment le groupe de α du Centaure, le plus voisin de notre système solaire qu'on ait reconnu jusqu'à présent. Il a trouvé le demi-grand axe de cette orbite de 20",13; l'excentricité de 0,63944 du demi-grand axe; la durée de la révolution de $76^{ans},25$ et l'époque du passage au périastre 1874,2. La distance angulaire des deux étoiles était de 10",24 en 1870,1. Ce groupe binaire avait déjà été observé à Lima par le Père Feuillée, en juillet 1709, et dès lors il y a eu un peu plus de deux révolutions de l'une des étoiles autour de l'autre.

M. W.-T. *Lynn*, l'un des adjoints de l'observatoire de Greenwich, a communiqué à la Société astronomique un cas assez curieux de mouvements propres de petites étoiles. Il s'agit du groupe binaire 36 (A) d'Ophiuchus, composé de deux étoiles de cinquième à sixième grandeur, et d'une autre étoile de septième grandeur, la trentième du Scor-

pion, distante des deux premières d'environ 12′21″ de degré. Or, ces étoiles ont, toutes trois, un mouvement propre annuel de 1″,27 dans la même direction, et voyagent, par conséquent, ensemble dans le ciel. Ce fait était déjà connu. Mais M. Lynn en a obtenu la confirmation, d'après les catalogues publiés à Greenwich de 1840 à 1864. Il a constaté aussi que l'étoile de neuvième grandeur, nº 17415 du catalogue formé par Œltzen d'après les zones d'Argelander, a un mouvement propre annuel de 1″,2.

Le Dr *Pihl* s'est occupé d'un amas d'étoiles, qui porte le nº 34 dans la liste de l'astronome Messier. Il a déterminé, avec un équatorial de 4 $^1/_4$ pouces d'ouverture, les positions relatives de 85 des étoiles de ce groupe, en les rapportant à deux étoiles principales. Un nouvel examen comparatif de cet amas, au bout d'un long intervalle de temps, pourra donner lieu à d'importants résultats.

M. *Richard Proctor,* auquel la Société astronomique doit de nombreuses communications récentes, a construit déjà un atlas céleste de douze cartes, et en prépare un autre qui comprendra les 324000 étoiles des cartes d'Argelander. Ces travaux l'ont conduit à de nouvelles considérations sur la distance des étoiles et sur leur distribution, dans l'exposition desquelles je ne puis entrer ici.

Variabilité de couleur de la planète Jupiter.

M. *John Browning,* astronome anglais et constructeur d'instruments, et le Dr Mayer de Philadelphie, ont observé, pendant les dernières oppositions de Jupiter, quelques apparences particulières de coloration, surtout dans les bandes, apparences que M. Browning présumerait être de nature périodique. Il y a des observateurs qui n'ad-

mettent pas encore de changements réels de couleur, et qui attribuent la diversité des apparences à celle des instruments. Mais MM. Penrose et Ranyard confirment les assertions de M. Browning. Ce dernier, depuis décembre 1867, avec des grossissements de 350 à 500 appliqués à un télescope à réflexion d'un pied de diamètre, a vu les bandes obscures du disque de Jupiter d'un gris cuivré et les pôles d'un gris bleuâtre, sans apercevoir de couleur sur la bande équatoriale ; tandis que plus tard, et depuis deux ans, la couleur jaune fauve de cette dernière bande a été beaucoup plus marquée. M. Ranyard, après avoir cité de plus anciennes observations de changements d'apparences sur le disque de Jupiter, présume, comme M. Browning, qu'il y a quelque connexion entre le retour de ces changements et la période des taches du Soleil[1].

Nouvelles petites planètes.

Depuis ma Notice de 1869, où le nombre reconnu de ces petits corps planétaires télescopiques, situés entre Mars et Jupiter, était déjà de 108, il en a été découvert 6, dont 4, *Félicité, Ate, Iphigénie* et un tout nouvellement, ont été signalés en Amérique par le Dr C.-H.-F. Péters, astronome du collége d'Hamilton, à Clinton, État de New-York ; et un, *Lydie*, a été reconnu à Marseille par M. Borelly. L'avant-dernière de ces planétoïdes, *Amalthée*, de dixième à onzième grandeur, a été trouvée, le 12 mars 1871, à Bilk

[1] M. Zœllner, dans son dernier Mémoire sur le Soleil (*Astr. Nachr.*, n° 1851), s'est occupé aussi des variations qui ont lieu à la surface de Jupiter et de leur cause probable. Le numéro 1843 du même Recueil contient des observations récentes sur ces variations, accompagnées d'une planche, par M. J. Birmingham, de Millbrook, *comté* de Tuam, en Irlande.

près de Dusseldorf, par le Dr Luther, auquel on doit déjà de nombreuses découvertes de ce genre. On en compte donc actuellement 114, dont les moyennes distances au Soleil, en prenant celle de la Terre pour unité, sont comprises entre celle de *Flore* 2,201 et celle de *Sylvie* 3,494. Les cinq dernières se trouvent dans la partie intérieure de cette espèce d'anneau d'astéroïdes, dont l'observation et la détermination des orbites elliptiques, assez excentriques, décrites autour du Soleil, exigent des instruments optiques puissants et des travaux considérables. Le volume des *Éphémérides de Berlin* pour 1873 contient un supplément, où se trouvent des éphémérides approximatives calculées de 20 en 20 jours, de 108 de ces petites planètes pour 1871, ce qui permet de les trouver avec une forte lunette équatoriale. L'éphéméride est journalière pour 58 d'entre elles, près des époques de leur opposition. Le travail du calcul de ces éphémérides se trouve réparti entre 45 astronomes, qui s'en sont chargés, chacun au moins pour une d'entre elles, et dont quelques-uns, tels que les docteurs Becker, Gunther, Luther, Péters, Powalky et MM. Lehmann et Sievers, en ont pris chacun de 3 à 10.

Comètes.

Il n'a pas paru de comètes très-brillantes depuis 1866, mais on en a découvert et observé 3 télescopiques en 1869, 4 en 1870, et déjà 2 en 1871. Les plus importantes d'entre elles sont les comètes à courte période qui portent les noms de Winnecke et d'Arrest, et qui ont été observées de nouveau. Le premier de ces astronomes, qu'une maladie avait forcé à quitter l'observatoire de

Poulkova, est établi maintenant à Carlsruhe et y a découvert déjà 4 des dernières comètes, dont une reconnue par lui le 7 avril 1871, a passé à son périhélie le 11 juin, et aura pu être observée ensuite dans l'hémisphère austral. Son mouvement était direct, sa distance périhélie de 0,675 de la distance moyenne de la Terre au Soleil, et l'inclinaison du plan de son orbite à celui de l'écliptique d'environ 88 degrés [1]. Deux des comètes de 1869 ont été découvertes à Marseille par M. Tempel, une de celles de 1870 l'a été dans la même ville par M. Coggia. La dernière a été signalée, le 14 juin 1871, par M. Tempel, à Milan, près de l'étoile β de la Grande Ourse. Elle lui a paru comme une faible nébulosité, de 3 à 4 minutes de degré de diamètre. Son passage au périhélie a eu lieu vers le 26 juillet, à une distance du Soleil à peu près égale à l'unité. Son mouvement est rétrograde, et le plan de son orbite est, comme celui de la première comète de cette année, presque perpendiculaire à celui de l'écliptique.

L'Académie impériale des sciences de Vienne, reconnaissant l'importance de la recherche assidue des comètes, spécialement par leur connexion, nouvellement reconnue, avec les essaims de météores lumineux, a résolu de donner une série de prix de la valeur de 20 ducats autrichiens, soit de 136 fr., pendant les trois années comprises entre le 31 mai 1869 et le 31 mai 1872, à ceux qui découvriraient, dans cet intervalle de temps, des comètes

[1] D'après les observations de cette comète faites à Athènes par M. Jules Schmidt, elle avait présenté, vers le commencement de mai, un noyau correspondant à une étoile de huitième grandeur, une queue de 8 à 10 minutes de degré, et une chevelure d'un peu plus de 2 minutes.

télescopiques et non prédites, le nombre des prix à décerner annuellement étant limité à 8.

On attend encore cette année le retour de deux petites comètes à courte période, savoir la comète d'Encke, qui repasse à son périhélie tous les 3 $^1/_3$ ans, et la comète dite de Tuttle, appelée ainsi parce que c'est cet astronome, de Cambridge, en Amérique, qui a été le premier à l'observer, le 4 janvier 1858.

M. Bruhns, astronome de Leipsic, l'a découverte, de son côté, le 11 du même mois; il a reconnu qu'elle avait déjà été observée en 1790, et peut-être en 1846 par M. Péters à Naples; il a calculé les éléments de son orbite elliptique, et lui a trouvé une durée de révolution d'environ 13 $^1/_4$ ans. Son demi-grand axe est de 5,756 en prenant pour unité celui de l'orbite terrestre; son mouvement héliocentrique est direct, l'excentricité de son orbite est de 0,8210 du demi-grand axe, et l'inclinaison de son plan sur celui de l'écliptique de 54°17′. Le docteur Tischler, attaché à l'observatoire de Kœnigsberg, en avait calculé de nouveau les éléments, avant de partir pour la dernière guerre, où il a succombé à une blessure reçue devant Metz, à l'âge de 26 ans.

Ces deux petits astres se trouveront dans des circonstances favorables à leur observation dans l'hémisphère boréal l'automne prochain.

D'après les éléments de l'orbite elliptique de la comète de Tuttle, calculés par feu le D[r] Tischler, en ayant partiellement égard à l'effet des perturbations planétaires, son passage au périhélie aura lieu le 30 novembre 1871, et voici quelques-unes de ses positions géocentriques, déduites par lui et par M. Hind de ces éléments :

			Ascension droite.	Déclinaison.	Distance à la Terre.
1871	Septembre	1	100°13′,2	+62°22′,7	1,729
	»	15	115.12,8	58.20,7	1,513
	»	25	124.22,5	54. 2,1	1,360
	Octobre	1	129.15,7	50.49,5	1,268
	»	15	139. 9,7	40.56,3	1,058
	»	23	144.	33.21	0,946
	Novembre	2	149.45	21. 3	0,826
	»	12	155.10	+ 5.31	0,741
	»	22	160.48	—12.39	0,708

Le passage au périhélie de la comète d'Encke aura lieu le 29 décembre prochain. Je vais rapporter ici quelques-unes de ses positions géocentriques, en les extrayant d'une éphéméride, jour par jour, du 18 août au 6 décembre, publiée dans le nº 1854 des *Astr. Nachr.* Elle a été calculée à l'observatoire de Poulkova par M. de Glasenapp, d'après des éléments obtenus par MM. d'Asten et Becker pour l'apparition de la comète en 1868, en ayant égard aux effets de perturbation ultérieure provenant de l'action de Jupiter. Les distances de la comète à la Terre sont données, comme pour la comète de Tuttle, en parties de la distance moyenne de la Terre au Soleil prise pour unité. On voit que, vers le 15 novembre, la comète d'Encke ne sera éloignée que d'environ le tiers de cette distance, et sa nouvelle apparition aura du rapport avec celle de 1828, où la comète passa à son périhélie le 9 janvier 1829, et fut reconnue, dès le 16 septembre 1828, par William Struve, avec la grande lunette de l'observatoire de Dorpat.

		Ascension droite en temps.	Déclinaison.	Distance à la Terre.
1871 Septembre	15	$2^h\ 4^m,2$	$+29°21',8$	1,004
»	25	1.54 ,3	31.56 ,3	0,850
Octobre	5	1.33 ,9	34.48 ,2	0,681
»	15	0.56 ,4	37.39 ,3	0,535
»	25	23.52 ,8	39.14 ,8	0,419
Novembre	5	22.10 ,5	35.58 ,7	0,336
«	15	20.32 ,3	25.59 ,6	0,310
«	25	19.11 ,7	+12.28 ,4	0,329
Décembre	5	18. 7 ,9	— 0.32 ,2	0,401

Après son passage au périhélie, la comète sera angulairement trop voisine du Soleil pour pouvoir être observée facilement.

Magnétisme terrestre.

Quoique je ne puisse point entrer ici, même dans une simple énumération, des nombreux travaux récents relatifs, soit au magnétisme terrestre, soit à la météorologie, je désire au moins citer deux nouveaux mémoires importants sur le premier de ces sujets, dus au respectable président actuel de la Société royale de Londres, le général Sir Édouard Sabine, et insérés dans les *Transactions* de cette Société pour 1870. Ce sont les XIe et XIIe parties de ses *Contributions to terrestrial magnetism.* Le premier et le plus étendu de ces mémoires renferme le complément du réseau d'observations magnétiques effectuées, de 1840 à 1845, dans les régions polaires australes, sous les auspices de la Société royale et de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, par sir James Clark Ross et le capitaine Crozier, commandants des vaisseaux de la marine royale l'*Erebus* et le *Terror*, et plus tard par MM. Clark et Moore à bord de la *Pagoda.*

Ce mémoire est accompagné de tableaux et de cartes détaillées des résultats obtenus en chaque station, pour la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité magnétiques. Le second mémoire, qui est aussi accompagné de cartes, comprend les résultats, réduits à l'époque du 1er juillet 1842, de l'exploration magnétique des Iles britanniques, effectuée de 1818 à 1861, par divers savants, et à laquelle M. Sabine a lui-même pris part.

Observatoire de Poulkova.

M. Otto Struve, directeur de ce grand observatoire russe, présente annuellement au Comité supérieur de cet établissement un rapport sur ce qui y a été fait dans le courant de l'année précédente, rapport dont il paraît ensuite une traduction allemande. Je vais extraire des deux derniers qui me soient parvenus, ceux de 1868 et de 1869, quelques détails intéressants.

M. Struve a publié, en 1869, les deux premiers volumes du Recueil des observations astronomiques de Poulkova, comprenant celles faites de 1842 à 1853, avec le grand instrument des passages, par MM. Schweizer, Fuss, Lindhagen et Wagner. Le premier volume contient une introduction, où M. Struve décrit l'instrument, et expose les méthodes suivies pour la réduction des observations et l'élimination des erreurs. On trouve aussi dans ce volume un catalogue des ascensions droites moyennes de 374 étoiles, réduites à l'époque de 1845, avec les constantes qui s'y rapportent, calculées pour 1840 et 1870.

Le troisième volume de ce Recueil, qui a peut-être déjà paru, comprend les observations faites par M. Struve père, de 1840 à 1855, avec un instrument de passages de Repsold établi dans le premier vertical, pour la déter-

mination des coefficients de l'aberration et de la nutation. Ces observations ont été de nouveau réduites par MM. Dœllen et Knorre, en y ajoutant celles faites par M. Oom de 1861 à 1863, et une introduction étendue doit être jointe aussi à ce volume.

Les quatrième et cinquième volumes du Recueil seront consacrés aux observations faites par M. Péters, de 1842 à 1848, avec le grand cercle vertical de l'observatoire, en vue de la construction d'un catalogue des déclinaisons des étoiles principales pour l'époque de 1845. Le calcul et la publication de ces observations seront effectués par M. Gylden, et elles seront précédées d'une introduction.

Le sixième volume comprendra les mesures micrométriques d'étoiles doubles, effectuées par M. Otto Struve avec la grande lunette équatoriale de l'observatoire. La réduction des observations faites avec le cercle méridien doit aussi s'opérer pour leur publication ultérieure.

Outre les travaux considérables de publications faites ou préparées dont je viens de parler, les astronomes de Poulkova ont fait paraître divers mémoires, tables ou articles de bulletin, dont je vais énumérer quelques-uns.

M. *Otto Struve* a publié en 1868, dans les Mémoires de l'Académie de Pétersbourg, ses observations sur la grande comète de 1861, accompagnées d'une planche, et de plus des observations, faites avec M. Wagner, du spectre d'une aurore boréale, à l'aide d'un spectroscope de Donati. Il a fait paraître aussi des tables auxiliaires pour réduire les observations de passages faites dans le plan du premier vertical, et des tables servant au calcul de ce qu'on nomme les *Quantités Besséliennes*, faisant suite aux *Tabulæ Regiomontanæ* pour la réduction des observations.

M. *Fuss* a publié des séries d'observations de diverses comètes. M. *Dœllen*, des considérations sur le perfectionnement des instruments à réflexion, et sur la détermination du temps dans le vertical de l'étoile polaire. M. *Wagner*, une instruction sur la comparaison des mesures pour les travaux géodésiques, et une Notice sur un mouvement extraordinaire d'un niveau sensible, occasionné par un tremblement de terre très-éloigné.

On doit à M. *Linsser* une éphéméride de la comète de Winnecke, et des recherches étendues sur les phénomènes que présentent les plantes, dans leurs rapports avec les variations de la température. Ce dernier astronome, au mérite duquel M. Struve a rendu hommage au commencement de son rapport de 1869, est mort dans sa trente-deuxième année, la neuvième de son séjour à Poulkova.

M. Struve a concouru très-activement aux grands travaux astronomiques et géodésiques internationaux entrepris en Europe depuis quelques années, pour avancer nos connaissances sur la figure de la terre, et ses rapports contiennent sur ce sujet d'intéressants détails, dont l'exposition allongerait trop cette Notice. Je me bornerai à citer l'usage qui a été fait avec avantage en Russie, à cette occasion, de deux procédés d'observation.

Le premier est l'emploi d'un instrument de passages pour la détermination du temps dans le vertical de l'étoile polaire, selon la méthode de M. Dœllen. M. Struve dit qu'on obtient ainsi, en quelques minutes, soit de jour, soit de nuit, pour peu que le ciel s'éclaircisse, une bonne détermination du temps, très-précieuse, entre autres, pour obtenir, par voie télégraphique, les différences de longitude.

L'autre procédé se rapporte à la détermination des

équations personnelles dans l'évaluation du temps. L'artiste Tiede, de Berlin, a construit, d'après les idées du professeur hollandais Kaiser et les directions de l'astronome Fœrster, un appareil spécial pour cet objet, que ce dernier appelle *Collimateur du temps.* Cet appareil est ajusté de manière à ce qu'une légère pression sur un ressort change notablément la vitesse du mouvement de l'étoile artificielle, de sorte qu'on peut en faire usage pour les étoiles équatoriales comme pour celles voisines du pôle, circonstance d'autant plus importante qu'on a constaté, dit M. Struve, que l'équation personnelle du même observateur peut varier sensiblement d'après la vitesse de l'objet. Chaque astronome peut alors déterminer son équation personnelle absolue, et son influence sur ses observations de passages d'étoiles de diverses déclinaisons, sans avoir besoin de se déplacer pour comparer ses résultats avec ceux d'autres astronomes.

Société astronomique allemande.

M. Struve a pris une grande part à la fondation, qui a eu lieu à Heidelberg en 1863, de la Société astronomique allemande. Elle s'est réunie dès lors successivement tous les deux ans à Leipsic, Bonn et Vienne, et elle s'assemblera de nouveau à Stuttgart, du 14 au 16 septembre 1871. On lui doit déjà diverses publications, et une feuille périodique trimestrielle. M. Auwers, directeur de l'observatoire de Gotha, qui en est aussi l'un des membres les plus actifs, a entrepris, depuis quelque temps, un nouveau travail sur les observations de Bradley, en recherchant les plus anciennes non encore calculées. Il a fait un voyage en Angleterre pour en examiner les manuscrits à Greenwich, ainsi que pour étudier les instruments dont

Bradley s'est servi et qui y sont soigneusement conservés. M. le Dr Lamont, directeur de l'observatoire de Bogenhausen près de Munich, et auquel on doit beaucoup de travaux récents magnétiques et météorologiques, a publié cette année, dans le format in-8°, un catalogue de 3571 étoiles télescopiques, comprises entre 9° et 15° de déclinaison boréale, d'après les observations de Lalande, Bessel, Rumker et Schjellerup, en les réduisant au 1er janvier 1850.

M. le professeur Bruhns, directeur de l'observatoire de Leipsic, a publié récemment des rapports sur la détermination, par voie télégraphique, des différences de longitude, soit entre Berlin et Vienne, soit entre Berlin et Lund. M. Kaiser a fait paraître le second volume des Annales de l'observatoire de Leyde, et M. Bauernfeind un Compte rendu du nivellement de précision Bavarois.

Observatoire de Bothkamp.

Le n° 1843 des *Astron. Nachrichten* renferme la description, par M. H. Vogel, d'un nouvel observatoire particulier établi près de Kiel, au nord de l'Allemagne, dans le domaine de Bothkamp, appartenant à M. de Bulow, à la latitude boréale de 54°12′10″. Le principal instrument dont il est pourvu est une grande lunette équatoriale, construite par l'artiste Hugo Schrœder, de Hambourg, qui a 10,8 pouces français d'ouverture, environ 15 pieds de longueur focale, et qui supporte jusqu'à un grossissement de 915. Le verre de l'objectif est de Feil, artiste de Paris, couronné à l'exposition internationale de 1867. L'instrument est muni de cercles divisés, de divers micromètres, d'appareils photographique et spectroscopique, ainsi que d'un mouvement d'horlogerie. Une planche où

est représenté l'instrument est jointe à sa description. Le n° 1842 du même journal contient déjà des observations spectroscopiques de la première comète de 1871, faites en avril à Bothkamp par M. Vogel.

Expériences du Pendule en Russie.

Le numéro de juin 1871 des *Monthly Notices* contient un intéressant compte rendu de M. A. Sawitsch, sur les résultats des expériences du pendule faites par lui et par M. Lenz, dans l'été de 1865, entre Tornea en Finlande et Pétersbourg, ainsi que de celles qu'il a faites en 1866 et 1868, avec M. Smyslof, entre Pétersbourg et Ismaïl en Moldavie. Ce travail avait pour but de constater les variations d'intensité de la gravité qui pouvaient avoir lieu le long du grand arc de méridien, d'environ 20 degrés, mesuré en Russie avec toute la précision des méthodes modernes, entre les latitudes boréales de 65°50′ et de 45°20′. Il a été effectué, sous les auspices de l'Académie des Sciences de Pétersbourg, avec deux pendules à réversion construits par M. Repsold, de Hambourg, et qui, après ces opérations, ont été mis à la disposition du colonel Walker, surintendant du grand réseau trigonométrique de l'Inde anglaise.

Il a paru, dans le numéro de novembre 1866 de nos *Archives*, une Notice assez étendue des expériences de ce genre faites, dès 1865, à l'observatoire de Genève, par M. le professeur Plantamour, avec un pendule à réversion du même artiste; et, dès lors, des expériences analogues, avec le même instrument, ont été faites par le même astronome sur la cime du Righi, et à l'observatoire de Neuchâtel par M. Hirsch.

Je ne puis entrer ici dans les détails que donne M. Sa-

witsh sur ses expériences. Je me bornerai à dire qu'elles ont été faites en douze stations, comprises entre Tornea et Ismaïl; que la longueur du pendule battant les secondes de temps moyen, évaluée en lignes du pied de Paris, a été trouvée à Tornea de 441^{l},2525 et à Ismaïl de 440^{l},4479; et que la petite diminution de longueur du pendule à secondes a été tout à fait graduelle en passant de chaque station à la suivante, à mesure qu'on s'approchait de l'équateur. Je rapporterai ici les dernières lignes du compte rendu de M. Sawitsch :

« L'ouvrage de M. Struve sur l'arc de méridien compris entre le Danube et la mer Glaciale contient une discussion détaillée des latitudes des principales stations entre le Cap Nord et le Danube. Les différences en latitude, trouvées directement par les observations astronomiques, varient seulement entre les limites de $\pm 1''$,75 de celles déduites des opérations géodésiques. Quoique ces différences soient beaucoup plus grandes que les erreurs d'observation, elles ne le sont pas autant que celles qu'on a pu trouver dans les opérations analogues exécutées dans d'autres contrées. Nos stations étant dans le voisinage de celles discutées par M. Struve, il paraît que, dans les grandes plaines de la Russie occidentale, les directions et les intensités de la gravité ne sont pas sujettes à des anomalies qui les changent sensiblement d'une station à l'autre. »

Nouvel observatoire dans l'Amérique du Sud.

On trouve dans le dernier rapport du Conseil de la Société astronomique de Londres, lu le 10 février 1871 à la cinquante-unième assemblée annuelle de cette Société, l'annonce de la création d'un nouvel observatoire national américain à Cordova, dans la république Argen-

tine, à la latitude australale de 31° $^1/_2$. Le D[r] Gould, l'un des associés étrangers de la Société astronomique, a été chargé, par le ministre de l'instruction publique de cette république, d'organiser et de diriger cet établissement. Il est venu en Europe, au printemps de 1870, pour s'y procurer les instruments et les livres nécessaires, et il est retourné en été à Cordova avec quatre aides astronomes. Son premier but est d'étendre la revue du ciel austral, que les observations d'Argelander n'ont effectuée que jusqu'à 30 degrés de déclinaison, et qui a été exploré au delà par le commandant Gillis, sans que ses observations aient été réduites encore. L'observatoire doit être pourvu d'un cercle-méridien de Repsold, dont la lunette a 4 $^1/_2$ pouces d'ouverture, d'un équatorial à lunette de 11 pouces d'ouverture, d'un spectroscope et d'un astrophotomètre de Zœllner.

Observatoire de Paris.

Tandis que, dans ma précédente revue astronomique, j'ai pu citer de nombreux volumes publiés par M. Le Verrier, d'après les travaux effectués dans cet observatoire, j'ai malheureusement à enregistrer aujourd'hui une interruption de ces travaux résultant d'un long siége, et des dégradations matérielles occasionnées par l'insurrection parisienne. M. Delaunay, directeur actuel de cet établissement, a rendu compte de ces tristes événements dans la séance de l'Académie des Sciences de Paris du 5 juin. Pendant le siége par les armées allemandes, les instruments avaient été démontés et mis en sûreté. Après la capitulation, on s'est empressé, pour pouvoir recommencer les observations, de réinstaller les grands instruments, et, jusqu'au 21 mai, on n'a pas été inquiété. Mais alors, les

insurgés ont fait de l'observatoire un centre de résistance contre l'armée de Versailles, et s'y sont maintenus pendant deux ou trois jours, malgré le feu nourri des troupes de ligne qui cherchaient à les en déloger. Dans la nuit du 23 au 24 mai, les insurgés se sont retirés en mettant le feu dans une pièce du rez-de-chaussée. Avertis à temps, les astronomes qui étaient restés à l'observatoire ont fait éteindre le feu; mais de beaux instruments de géodésie, placés dans leurs caisses, ont subi de graves avaries; un cercle de Rigault, entre autres, employé de 1864 à 1870 dans les opérations géodésiques en France, a beaucoup souffert. Les insurgés sont encore rentrés à l'observatoire et l'ont occupé pendant douze heures, mais leurs nouveaux projets d'incendie n'ont heureusement pas été mis à exécution. Le grand équatorial de la tour de l'Ouest, construit par M. Eichens, a reçu beaucoup de balles, mais il pourra être réparé; l'équatorial de Gambey a reçu une balle qui a déformé le tube de la lunette. Toutes les coupoles sont criblées de balles; mais la salle des instruments méridiens, la bibliothèque et les archives sont intactes.

M. Delaunay a recommencé la publication du Bulletin météorologique international de son observatoire, et il a annoncé le projet de publier aussi un *Atlas physique de la France.*

Observatoire de Montsouris.

Le second observatoire astronomique, situé près de Paris, dont la création avait été décrétée en 1868, n'a pas été construit, mais il a été établi à *Montsouris,* dans le voisinage de cette capitale et aux frais du gouvernement, un observatoire météorologique central, d'après un

rapport, rédigé en juillet 1869 par M. Charles Sainte-Claire-Deville, membre de l'Institut, au nom d'une commission qu'il présidait, composée, en outre, de MM. Marié-Davy, Hervé-Mangon, Renou, Belgrand, Bouchardat et Véron-Bellecourt, capitaine de frégate. On y avait commencé les observations et la publication d'un Bulletin météorologique ; mais, pendant les derniers événements de Paris, le jardin de deux hectares du nouvel établissement, situé à la limite des fortifications, a été en partie dévasté ; le bâtiment, qui avait complétement échappé aux obus prussiens, a reçu beaucoup de projectiles des insurgés et a éprouvé un commencement d'incendie; une des trois coupoles qui le dominent a été fort endommagée, mais les instruments n'ont pas été atteints, et on s'est mis promptement à l'œuvre pour réparer le mal.

Dès lors, les appareils télégraphiques et enregistreurs ont été réinstallés. Le service a dû recommencer le 1er juillet de cette année, avec vingt observations par jour. Il y a déjà à Montsouris deux ans et demi d'observations météorologiques; la publication des Bulletins de ces observations est quotidienne maintenant, et on doit reprendre aussi celle d'un Bulletin hebdomadaire d'histoire naturelle agricole et médicale.

L'*Académie des Sciences* a continué de tenir ses séances, même durant le siége et pendant l'insurrection.

L'*Association scientifique*, présidée par M. Le Verrier, et qui exerce surtout son action dans les départements, a repris récemment son activité. Cet astronome a présenté, le 17 juillet, à l'Académie des Sciences, un rapport sur les observations d'étoiles filantes faites en août 1869 dans 27 stations françaises et étrangères, avec des chronomètres et des cartes préparatoires, et il a annoncé que

l'Association se disposait à renouveler ce concours d'observations en août 1871.

Je dois terminer ici cette revue sommaire des progrès récents de l'astronomie. Tout incomplète qu'elle est, elle me paraît propre à faire bien ressortir l'activité qui règne en faveur de cette belle science, partout où de désastreux événements n'ont pas momentanément interrompu des travaux de nature essentiellement pacifique. Puissent les malheurs inouïs résultant de ces luttes sanglantes servir de frein salutaire pour en prévenir le retour! Puisse, surtout, l'angélique devise: *Gloire soit à Dieu, paix sur la terre, bienveillance envers les hommes,* être généralement acceptée et mise en pratique sur notre globe!

Chougny, près Genève, 20 août 1871.

Alfred GAUTIER.

P.-S. D'après une lettre de M. Huggins, insérée dans le *Times* du 22 août, le colonel Tennant et le capitaine Herschel ont été chargés d'observer l'éclipse totale de Soleil du 11 décembre prochain, de concert avec M. Hennessey pour la partie photographique, sur un pic indien des monts Neilgherries appelé *Dodabetta,* élevé de 8650 pieds au-dessus du niveau de la mer, à la latitude boréale de 11°25′ et à la longitude de 76°43′ à l'est de Greenwich. M. Airy a accordé, pour cette observation, un des équatoriaux, à lunette de 6 pouces de diamètre, destinés à l'observation du passage de Vénus en 1874.

M. Birt, qui s'occupe depuis longtemps, sous les auspices de l'Association britannique, d'un grand travail topographique sur la Lune, paraît, d'après son dernier rapport à cette Association (cité dans l'*Athenæum* du 19 août, page 236), avoir reconnu des traces évidentes de changements réels d'apparences sur la tache *Platon*, entourée de hautes montagnes et dont le diamètre est d'environ 60 milles anglais.

NOTICE

SUR

ÉDOUARD CLAPARÈDE

Lue à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans la séance du 6 juillet 1871 [1].

Les sciences ont fait à Genève cette année une perte considérable dans la personne du professeur Édouard Claparède, décédé en Italie pendant le voyage qui devait le ramener auprès de nous.

Quoique prévu depuis longtemps, cet événement n'en a pas été moins douloureux pour toute la population lettrée de notre ville, et je dirai même pour le monde savant tout entier. En ce qui nous concerne personnellement, lié d'amitié avec Édouard Claparède, c'est avec le sentiment d'une profonde affliction que nous venons aujourd'hui payer un tribut à sa mémoire dans les lignes qui suivent. Mais c'est en même temps un devoir que nous aimons à remplir, tout en sentant notre insuffisance à retracer, comme elle le mérite, la vie d'un homme doué d'un génie si supérieur et d'un si noble caractère.

Il est des hommes dont la réputation s'est formée graduellement en suivant une marche lente et régulière, et qui finissent, par l'effet du temps et d'une constante application, à prendre rang parmi les illustrations académi-

[1] Un extrait de cette notice a été inséré à la fin du rapport du Président, dans le tome XXI des *Mémoires de la Société de Physique* (1re partie).

ques. Il en est d'autres qui semblent comme prédestinés à marquer d'emblée dans le pays qui les vit naître, et qu'un génie naturel appelle presque dès l'entrée de leur carrière à exercer une véritable influence sur la vie intellectuelle de leur entourage. Mais il n'est pas rare de voir ces hommes d'élite succomber avant l'âge normal, comme si tout chez eux devait être précoce, le terme même de leur existence, comme la sève de l'esprit, la maturité du caractère et l'expérience des choses. Plus d'un exemple de ce genre nous a déjà frappé; on dirait que chez ces hommes la nature se complaît à faire, au détriment de l'être physique, une compensation de l'exubérance des dons qu'elle accorde à l'esprit, et qu'une sorte de loi d'équilibre veut que chez eux la vie se consume à proportion de tout ce que dégage la pensée.

Tel a été, en particulier, le trait frappant de la vie de Claparède. Prenant rang, presque dès le début, parmi les savants du premier mérite, doué d'une intelligence féconde en résultats surprenants, mais sans cesse tourmenté par une santé chancelante, il a succombé à la fleur de l'âge au moment le plus brillant de sa carrière.

Édouard Claparède [1] était issu d'une ancienne famille genevoise qui, du reste, n'avait jamais marqué dans les sciences, ce n'est donc pas son éducation première qui lui inspira le goût des études scientifiques. Ce goût se trouva inné chez lui et doit être considéré comme une conséquence nécessaire de l'esprit d'analyse et des facultés logiques qui étaient au fond de son organisation.

Il commença ses études à l'Académie de Genève, où ses aptitudes aussi rares que variées le firent bientôt distin-

[1] Né à Genève le 24 avril 1832, mort à Sienne le 31 mai 1871.

gner par ses professeurs. Il fut avant tout l'élève de M. Pictet-de la Rive, auprès duquel il trouva un secours et une bienveillance qu'il s'est toujours plu à reconnaître dans le cours de sa carrière scientifique. En 1853, il se rendit à Berlin pour compléter ses études à l'Université de cette capitale, et devint l'élève de J. Müller, qui tenait alors le sceptre de la physiologie et de l'anatomie comparée. Il y arriva précisément à l'époque où Müller était absorbé par ses immenses recherches sur l'anatomie et les métamorphoses des Échinodermes. Claparède se ressentit profondément de ces circonstances, et l'ardeur avec laquelle il participa aux travaux de laboratoire de son maître, le porta bientôt à se consacrer presque exclusivement à l'anatomie et l'embryogénie des animaux inférieurs; de là un goût prononcé pour la micrographie, qui fut bientôt développé par ses relations avec Ehrenberg, et qui décida de sa carrière scientifique.

A Berlin, Claparède donna à ses études une extension prodigieuse, qui aurait certainement été beaucoup trop vaste pour un autre que lui. Tout en menant de front l'étude des sciences naturelles, celle de la médecine et celle des langues du Nord, qu'il ne tarda pas à posséder d'une manière complète, il travaillait avec ardeur à des travaux originaux. Il apprit tout seul le dessin et arriva aussi dans cet art à un haut degré de perfection. En 1855, il accompagna Müller dans un voyage en Norwége, et il séjourna ensuite pendant deux mois sur un récif des bords de l'Océan avec un de ses camarades de l'Université dans le but de poursuivre l'étude des animaux marins. De 1854 à 57 il se livra, à Berlin, en commun avec son ami Lachman, à de vastes investigations sur les Infusoires et les Rhizopodes, et rédigea sur l'organisation de ces ani-

maux un ouvrage considérable, qui remporta plus tard, à l'Académie des Sciences de Paris, le grand prix des sciences physiques.

En 1857, Claparède fut reçu docteur en médecine. De retour à Genève, il y devint bientôt membre de la Société de physique, de la Société médicale et de l'Institut national genevois. Il ne tarda pas à être agrégé au professorat de l'Académie, et la distinction dont il fit preuve dans son enseignement jusqu'à la fin de sa vie, n'a pas peu contribué à soutenir à l'étranger la renommée de cette institution. Il devint aussi l'un des rédacteurs les plus laborieux des Archives de la Bibliothèque universelle, dont le bulletin scientifique, aussi bien que la partie consacrée aux mémoires, a été remplie pendant 15 années de ses savantes analyses, d'autant plus précieuses qu'elles font, pour la plupart, connaître des ouvrages écrits dans des langues étrangères.

Déjà comme étudiant, Claparède avait publié un certain nombre de mémoires très-estimés, insérés pour la plupart dans les *Archives* de Müller, et qui lui avaient valu une place fort honorable parmi les zoologistes. Tel est son mémoire sur l'*Actinophrys Eichhornii*, chez lequel il signale une grande vésicule contractile qu'il considère comme un organe cordiforme. Il décrit le mode de digestion de ces animaux, capables d'envelopper et de digérer des matières végétales et animales par n'importe quelle partie de leur corps, tout orifice servant chez eux indifféremment de bouche ou d'anus, ce qui doit les faire classer dans les Rhizopodes. Tel est aussi son travail sur le *Cyclostoma elegans*, qui lui servit de thèse pour le doctorat, et dans lequel il décrit un organe calcaire composé de couches concentriques, logé entre les replis de l'in-

testin, organe dont on ne connaissait aucun exemple chez les Gastéropodes. A cette série de ses travaux appartient encore son anatomie de la *Néritine fluviatile* qu'il montre ne pas être hermaphrodite, et dont l'opercule testacé offre une structure différente de celle de la coquille; ce qui doit faire exclure l'opinion de Gray, que l'opercule est une seconde valve atrophiée, etc.

Son grand ouvrage sur les Infusoires, rédigé en collaboration avec Lachman, qui mourut avant la publication de ce travail, le fit aussitôt classer parmi les maîtres de la zoologie. Quoique aujourd'hui un peu dépassé par les travaux de Stein, Zenker, Cohn et autres, dont l'œil a pu s'armer d'instruments plus parfaits, on peut dire que cet ouvrage est réellement celui qui a fondé la science moderne des infusoires, dont l'organisation et les affinités étaient encore si peu comprises, malgré les travaux d'Ehrenberg, de Dujardin et de plusieurs autres naturalistes. Claparède et Lachman montrent que ces êtres ne sont ni aussi compliqués que l'avait cru Ehrenberg, ni aussi simples que le prétendait Mayen, dont la théorie a longtemps dominé, et suivant lequel le corps de ces animalcules se compose d'une simple cellule formant une sorte de poche. Ils renversent cette théorie à l'aide d'un arsenal d'observations et de faits sous le poids duquel les champions de l'unicellularisme ont dû rapidement succomber. Ils établissent les affinités des infusoires, d'une part avec les Vers et les Cœlenthérés, d'autre part avec les Rhizopodes, et en donnent pour la première fois une classification satisfaisante. Ils y distinguent 10 familles et décrivent un grand nombre d'espèces; pas autant, il est vrai, qu'Ehrenberg en avait signalé; mais en revanche ils font faire un

grand pas à la connaissance de l'organisation de ces êtres.

La partie de l'ouvrage qui concerne les Rhizopodes, tend surtout à révéler une organisation définie chez ces animaux qu'on avait voulu considérer comme n'en possédant pour ainsi dire aucune. La troisième partie de l'ouvrage, qui traite de la reproduction des Infusoires et des Rhizopodes, avait été envoyée déjà en 1855 à l'Académie des Sciences de Paris; elle fut couronnée en 1858 et ne put paraître qu'en 1860.

Nous voyons ensuite le nombre des publications de Claparède s'accroître avec une rapidité surprenante, comme on peut en juger par le catalogue de ses œuvres que nous plaçons à la suite de cette esquisse biographique.

Quoique ses études se reportassent toujours avec prédilection sur les animaux inférieurs, il s'occupait des sujets les plus variés et rédigeait souvent des notices étendues, destinées à donner le résumé des travaux récents sur tel ou tel point de la science. On trouvera dans les « Archives » de la Bibliothèque Universelle un grand nombre de mémoires de ce genre, où il traite de matières intéressant la physiologie, la zoologie, la géologie, et même l'archéologie, tandis que dans d'autres articles il aborde les plus hautes questions de philosophie naturelle.

En 1858, il s'occupa de la théorie de la vision binoculaire et publia divers mémoires sur l'horoptre. Il y confirme par de nombreuses expériences les démonstrations de A. Prévost et de Burckhardt, desquelles il résulte que les points vus simples par les deux yeux ne peuvent être situés que sur une circonférence de cercle passant par le point de mire et par les centres optiques, et sur une ligne droite passant par le point de mire perpendiculairement au plan de vision.

Ce furent probablement ces études sur la vision au moyen des yeux simples qui le conduisirent, l'année suivante, à l'étude du développement des yeux composés des Arthropodes, dont il suivit l'évolution chez diverses nymphes, avec une merveilleuse sagacité. Cette étude l'amena à conclure que la théorie de la vision chez les insectes, telle que l'avait formulée Müller, n'était pas soutenable, parce que l'animal serait si myope, qu'il verrait à peine à quelques pieds de distance. Il montre que chaque élément correspondant à une facette constitue un œil distinct, et que le principe des points séparés ne peut plus subsister pour ces yeux-là. Il faut donc supposer chez l'animal le pouvoir d'objectiver les impressions dans la direction des rayons qui viennent frapper chaque facette.

Quoique déjà fort célèbre dans le monde scientifique, Claparède n'était point encore connu du grand public; ce fut un cours populaire, fait à Genève[1] en 1860, qui fonda sa renommée sous ce rapport. Une affluence énorme ne cessa d'assiéger la porte de la salle de ses leçons, attirée par la vaste érudition et la clarté d'exposition du professeur qui excellait à se mettre à la portée du vulgaire, aussi bien qu'à traiter au sein des sociétés savantes, les sujets les plus abstraits. Mais en même temps qu'il entraînait ses auditeurs par tant de qualités réunies, la largeur de ses vues et l'indépendance de ses idées lui attiraient de la part de certains esprits étroits des attaques aussi ridicules qu'immodérées, de nature à aigrir tout autre caractère que le sien. Il les supporta avec patience, et l'on ne saurait mettre en

[1] Cours du soir de l'Hôtel de Ville.

doute qu'il n'ait été chez nous l'un des hommes qui ont le plus contribué à faire tomber des préjugés contraires à l'esprit de la science moderne.

En dehors de son enseignement, auquel Claparède s'est toujours livré avec une véritable passion, et de la publication de ses nombreux ouvrages, il n'a mené à Genève qu'une existence modeste, concentrée dans le sanctuaire de son cabinet, et sa vie n'est marquée par aucun événement qui intéresse le public. L'état constant de maladie dans lequel il a vécu, l'obligeait à des ménagements particuliers. Il entreprit néanmoins des voyages assez fréquents sur les bords de la mer, dans le but de poursuivre ses études sur les animaux marins.

En 1859, il fit un voyage en Angleterre et se lia d'amitié avec le Dr Carpenter, qui l'accompagna dans les Hébrides. Le séjour qu'il fit sur les côtes de cette île l'amena à composer divers mémoires d'un haut intérêt sur de nouveaux vers marins alliés aux vers de terre, et sur les Turbellariés ; mémoires insérés dans le bulletin de la Société de physique d'Édimbourg, dans les Archives de Reichert et dans les Mémoires de la Société de physique de Genève. C'est de ce séjour aussi que date un travail sur le *Tomopteris onisciformis*, qu'il rédigea en commun avec le Dr Carpenter (*Linnean Transactions*).

L'embranchement des Vers semble avoir eu pour lui un attrait particulier, et il a fixé son attention jusqu'à la fin de sa vie. A Genève, il continua ses recherches sur ces animaux, s'appliquant à l'étude des espèces parasitiques, limnicoles et terrestres qu'il trouvait à sa portée. Outre son travail sur la fécondation chez les Vers nématoïdes, où il discute la signification des parties de l'œuf, nous trouvons encore dans les Mémoires de la Société de

Physique et d'Histoire naturelle de Genève ses Recherches sur les Oligochètes ou vers de terre, dans lesquelles il rend très-bien compte des différences anatomiques et physiologiques de ces animaux, jusque-là fort négligés, dont les affinités avaient été mal comprises. Il y démontre l'homologie de l'organe segmentaire avec les tubes reproducteurs; il forme, comme Grube, des Oligochètes un ordre séparé, qu'il divise en terricoles et limnicoles, en se basant sur des différences importantes dans le système vasculaire et dans l'appareil reproducteur.

Ces recherches sur les Annélides, bien qu'interrompues par d'autres travaux, reparaissant presque d'année en année sous la forme de notices plus ou moins étendues, ont fini par devenir l'objet d'un ouvrage capital, malheureusement le dernier qu'il mit au jour.

Dans diverses publications où il a réuni des mélanges d'observations (Glanures zoologiques, etc.), il décrit beaucoup de formes singulières, propres aux Annélides errantes; des formes larvaires aberrantes, des modes particuliers de reproduction, ainsi qu'un grand nombre de faits anatomiques et physiologiques.

En 1867, il communiqua à la Société helvétique des sciences, réunie à Einsideln, un grand travail sur l'histologie du Lombric terrestre, qui parut plus tard à Leipzig. Dans cette étude il se surpasse par la finesse des préparations, et le soin mis dans ses recherches. On y trouve décrite pour la première fois d'une manière satisfaisante, la structure du système nerveux et des trois grosses fibres tubulaires que l'auteur avait précédemment découvertes chez divers Oligochètes. Ces fibres géantes ne sont pas noyées dans la substance médullaire axiale, mais au contraire placées en dehors du cordon nerveux et repo-

sant sur le névrilème interne; elles ne se ramifient pas en avant comme l'avait cru Leidig, mais chez le lombric elles s'arrêtent au contraire un peu avant l'extrémité du cordon ventral, et chez les *Arenicola* elles se noyent simplement dans la commissure. La question du développement des vers avait aussi occupé Claparède pendant bien des années, sans cependant qu'il eût livré son travail à la publicité, parce qu'il y trouvait encore des lacunes. Mais il a constaté ce fait que parmi les œufs renfermés en grand nombre dans la capsule secrétée par le clitellum, un seul se transforme en embryon; celui-ci augmente rapidement de volume, parce que dès que sa bouche est formée, il dévore les œufs qui l'entourent et qui lui servent de magasin de nourriture. C'est là un phénomène tout analogue à celui qui avait été décrit chez certains mollusques gastéropodes tels que les *Purpurea*, etc.

Dès 1860, les études de Claparède se portent sur l'évolution des Arthropodes. En 1862, la Societé des Sciences d'Utrecht lui décerne une grande médaille d'or, pour ses belles recherches sur le développement des araignées, qui furent publiées dans les mémoires de cette société. Ce travail est un chef-d'œuvre d'exécution, un type d'observation sûre et complète dans l'établissement des faits, un modèle de clarté dans leur exposition.

L'embryologie des araignées n'était encore connue que d'une manière rudimentaire par les travaux fort anciens de Herold et de Rathke. Claparède la met en pleine lumière dans tous ses détails, et fait ressortir toutes les analogies et les différences qui règnent entre le développement des Aranéides et celui des autres Arthropodes. Il découvre en particulier ce fait qui paraît tout spécial aux Aranéides, c'est que l'embryon qui, durant la première

période génétique, se trouve enroulé sur le dos, au lieu de se renverser pour s'enrouler sur le ventre comme chez les autres Arthropodes, opère sa réversion par un artifice particulier, en se partageant par le milieu et en laissant passer, par l'ouverture ainsi formée, le vitellus qui vient alors occuper la face ventrale de l'embryon; d'où résulte que les deux moitiés de ce dernier, au lieu de former plus tard la face ventrale de l'animal, en formeront les faces latérales [1]. C'est, sans doute, afin de s'assurer si cette anomalie est bien une phase constante chez les Arachnides, que Claparède se consacra peu de temps après à l'étude du développement des Acariens. Il ne constata pas chez ces derniers le même fait, mais ses recherches le conduisirent à d'autres résultats non moins piquants. Cette étude, abondante en faits curieux, renferme en particulier la découverte d'un double et même d'un triple emboitement de l'œuf, phénomène que l'auteur a désigné par les noms de *deutovum* et de *tritovum*. Cette singulière phase du développement ne se rencontre

[1] Voici comment ce Mémoire fut couronné par la Société d'Utrecht: Certes Claparède n'a jamais recherché les honneurs et les prérogatives qui s'attachent à la célébrité, et c'est toujours avec une extrême modestie qu'il a offert ses travaux à qui voulait se charger de leur publication, sans songer à aucune récompense. Son mémoire sur le développement des Aranéides n'avait point été établi dans le but de prendre part à un concours ou de remporter un prix proposé. L'auteur l'avait d'abord envoyé à Leipzig où il ne trouva pas d'éditeur, vu le coût des planches. La Société d'Utrecht venait de se constituer; Claparède essaya de proposer le mémoire en question à cette Société, sans se flatter d'un grand succès. Les savants d'Utrecht, frappés de la valeur scientifique de l'ouvrage et de la magnificence des dessins qui l'accompagnaient, résolurent non-seulement de le publier, mais répondirent qu'ils seraient heureux d'en recevoir d'autres du même genre. En même temps l'auteur ne fut pas peu surpris d'apprendre que son mémoire avait été couronné d'une médaille d'or.

du reste pas chez toutes les espèces; elle manque chez les *Tetranychus* qui vivent sur les végétaux; le *deutovum* s'observe chez les *Atax*, qui vivent sur les branchies des bivalves de nos ruisseaux, et le *tritovum* apparaît chez les *Nyobia*, en particulier chez la *N. muris*, qui vit en parasite sur les souris.

Le travail sur l'évolution des araignées fut suivi de près par une étude sur la circulation du sang chez ces animaux. L'auteur réussit à observer, par transparence, d'une manière très-complète, de jeunes Lycoses prises au sortir de l'œuf. Le sang, en s'échappant du cœur, circule, non pas d'arrière en avant comme on pourrait le supposer, mais au contraire, d'avant en arrière, comme Leydig l'avait déjà indiqué. Le cœur n'offre pas de cloisonnement, mais il est muni d'orifices latéraux, s'ouvrant dans le mouvement de diastole et permettant ainsi l'entrée du sang dans l'organe central. L'extrémité de cet organe est tubulaire et forme une aorte caudale, d'où le liquide se répand dans le pygidium.

Les recherches sur le développement des Athropodes se continuent ensuite dans un grand ouvrage in-folio, publié à Leipzig, en 1863, sur l'anatomie de divers animaux sans vertèbres, étudiés sur la côte de Normandie, ouvrage dans lequel se trouve décrite l'embryologie de plusieurs types de crustacés.

Bien que la liste des ouvrages de Claparède allât grossissant très-rapidement d'année en année, chacune de ses productions forme pour ainsi dire un jalon de repère dans l'histoire des êtres qu'il étudie et fait faire à la science sur tous les sujets qu'il aborde un pas incontestable. Il ne reculait devant aucune peine lorsqu'il s'agissait d'élucider une question. Rencontrait-il dans ses lectures

des points obscurs ou des assertions qui ne lui paraissaient pas admissibles, il se condamnait souvent à reprendre *ab ovo* le travail d'un autre dans l'espoir de se rendre compte de la vérité. Ces recherches, entreprises dans le seul but de satisfaire son esprit, ont souvent donné lieu de sa part à d'intéressantes communications au sein des sociétés savantes et ont quelquefois été publiées sous forme de notes. C'est ainsi, par exemple, qu'il a tranché le débat qu'avaient fait naître les travaux contradictoires de Mecznikow et de Balbiani sur la reproduction des pucerons. Après avoir refait lui-même toute l'étude de cette reproduction, il a montré que, contrairement à l'opinion de Balbiani, ces insectes ne sont pas hermaphrodites.

Lorsque parut l'ouvrage de Darwin sur l'origine des espèces, Claparède s'empara des vues de l'auteur avec une sûreté de coup d'œil que la marche de la science a depuis lors pleinement justifiée, et qui lui permit de s'élever à des conclusions importantes. Il publia à cette époque, dans la Revue Germanique, sur le livre de Darwin, des articles remarquables, dans lesquels il s'élève à une grande hauteur de vues, et en 1869 encore il donne une critique des plus judicieuses de l'ouvrage de Wallace, auteur qui revendique avec raison la simultanéité de l'idée servant de base à la théorie de la sélection naturelle. Dans tous ses travaux, on le trouve du reste inspiré des tendances darwinistes, et il fait jaillir de ses observations, des rapprochements ingénieux appuyant tous la doctrine de l'évolution qui joue aujourd'hui un si grand rôle dans les sciences biologiques. Ainsi, et pour n'en citer qu'un seul exemple, il consacre, à la fin de son beau mémoire sur le développement des Acariens, un

chapitre à l'appui de la théorie de Darwin, en montrant que l'appareil qui sert de crampon chez les acariens parasitiques, échappe à la loi d'homologie. En effet, ce n'est point un organe fixe qui remplit ces fonctions, mais bien au contraire tel ou tel organe qui se trouve modifié, suivant les espèces, en vue de l'adaptation aux mêmes fonctions. Chez les uns ce sont les pattes antérieures, chez d'autres les pattes postérieures; chez les *Listophorus*, c'est même la lèvre inférieure qui se transforme en organe fixateur. Or, si les Acariens parasitiques formaient une famille déterminée, dépendant d'un type primitif, l'organe fixateur serait toujours le même, tandis que si, au contraire, les parasites sont les descendants d'espèces non parasitiques, dont les mœurs ont occasionnellement changé, et avec les mœurs aussi la forme des organes, comme le veut le système de Darwin, chaque espèce a pu adapter un organe quelconque aux fonctions de la fixation, en sorte qu'il ne saurait sous ce rapport régner entre elles d'unité homologique. Et c'est précisément là ce qu'on observe.

A lire le résultat de tant de vastes recherches exécutées avec un si grand soin, on ne se douterait pas qu'elles eussent été sans cesse interrompues par la maladie.

La santé de Claparède était, en effet, pour lui et pour ses amis, un sujet de préoccupations continuelles, et il n'est pas hors de propos, avant de parler des derniers ouvrages de notre ami, de dire un mot des souffrances physiques qui ont empoisonné sa vie, qui ont sans cesse interrompu ses travaux scientifiques et qui lui ont suscité des difficultés de tous genres. On ne peut comprendre qu'un homme, dont l'existence n'a été pour ainsi dire qu'un long martyre, ait pu produire de si nom-

breux et si importants ouvrages. D'une constitution faible, il avait été atteint déjà en 1854 d'un rhumatisme articulaire qui, en se portant au cœur, avait laissé à cet organe une lésion, cause principale de toutes les complications ultérieures. Encore simple étudiant, il était déjà sujet à des accès de palpitations extrêmement graves, et parfois accompagnés d'hémoptysies très-inquiétantes. En 1857, une crise de ce genre faillit l'emporter. Tout donnait lieu de craindre que d'un jour à l'autre il succomberait à une nouvelle atteinte. Depuis le retour de Claparède à Genève, le mal était toujours allé en augmentant et réagissait d'une manière désastreuse sur tout l'organisme, principalement sur les fonctions de l'estomac et des organes respiratoires. Le régime très-sévère que le malade suivait, en apportant un certain allégement à ses maux, ne pouvait qu'augmenter sa faiblesse et il se manifestait chaque jour chez lui quelque phénomène nouveau qui déroutait toutes les prévisions des médecins. De fréquentes névralgies lui occasionnaient des souffrances atroces, et pour les faire cesser il eut recours à des moyens extrêmes. Les crises de palpitations, les hémorragies revenaient sans cesse à des époques indéterminées, souvent accompagnées d'accidents imprévus. Durant des mois entiers il devenait incapable d'aucun travail, et son existence même semblait être un continuel miracle. L'énergie qu'il déployait dans sa lutte contre ces horribles souffrances dépasse tout ce qu'on peut imaginer, et faisait l'admiration de son entourage[1]. Cette même éner-

[1] Ainsi, pour faire cesser les névralgies horribles auquel il était sujet, il n'hésita pas à se faire arracher toutes les dents. Il serait impossible de faire comprendre à qui ne l'a pas connu, tout ce que cet homme a souffert. Il nous a souvent dit que l'amour du travail et de

gie, il l'employait à se remettre à l'œuvre aussitôt qu'arrivait un moment de soulagement. Nous l'avons vu reprendre ses fonctions de professeur dans un état tel qu'il avait de la peine à se traîner jusqu'à l'Académie, crachant le sang pendant la leçon et, néanmoins, l'heure terminée, oubliant ses maux au point de continuer à converser avec ses étudiants et à répondre à leurs questions.

En 1860 il s'était marié. Une affection réciproque l'avait conduit à épouser une de ses parentes, qui devint la compagne obligée de tous les actes de sa vie. Cet événement l'avait placé dans une position indépendante, en lui créant un intérieur, et sa maison était devenue un centre de conversations scientifiques, qui seront longtemps regrettées sans être remplacées. A toute heure et quelles que fussent ses occupations, on trouvait toujours auprès de lui le bon accueil d'un homme qu'on ne semblait jamais déranger. Qui ne conservera le plus gracieux souvenir de ses réceptions hebdomadaires à sa campagne à Cologny; réceptions empreintes d'une simple cordialité où une conversation toujours intéressante et substantielle réunissait autour de sa table un petit nombre d'amis, pour la plupart adeptes des sciences, des arts et de la littérature; mais auxquels venaient se mêler aussi quelques hommes placés en dehors de ces spécialités ?

Les travaux de Claparède avaient été presque entièrement interrompus pendant les années 1865-66 par suite de l'état de sa santé; il avait été atteint du typhus et avait eu la douleur de voir sa femme et ses enfants visités par de graves maladies. Aussi le besoin d'un cli-

sa famille pouvait seul le décider à soutenir une existence qu'il a incontestablement réussi à prolonger à force d'énergie et de précautions.

mat plus doux, le décida en 1866 à passer l'hiver à Naples. Ce séjour lui fut propice au delà de toutes ses prévisions. Sa santé fut relativement très-bonne durant cet hiver, et c'est alors qu'il se livra à ses immenses études sur les Annélides du golfe de Naples qui ont rempli en grande partie les tomes XIX et XX des Mémoires de la Société de Physique de Genève, et qui, dans l'opinion des savants, placèrent Claparède parmi les maîtres de cette branche de la zoolgie.

Dans cet ouvrage, qui se compose de deux volumes in-4° accompagnés de plus de 50 planches très-chargées, il fait connaître un grand nombre de formes nouvelles, et établit une bonne critique de la synonymie, si épineuse dans les groupes où les formes changent avec l'âge des animaux. Mais l'ouvrage renferme surtout une richesse extraordinaire de faits anatomiques et physiologiques. Dans le nombre des découvertes qu'il expose, l'une des plus frappantes est celle qui touche la reproduction de la *Nereis Dumerili*. Cette Annélide pond des œufs fécondés d'où s'échappe un ver qui avait été précédemment classé dans le genre *Heteronereis;* ce ver pond à son tour des œufs féconds qui, suivant les saisons, tantôt donnent naissance à une seconde espèce de *Heteronereis*, tantôt reproduisent la première forme de *Nereis*. Il s'agit donc ici d'une véritable génération alternante sexuelle, telle qu'on n'en avait jamais observé encore. L'ouvrage sur les Annélides de Naples a dû exiger, suivant les appréciations d'un auteur anglais, un travail d'une si étonnante application, qu'on aurait peine à concevoir qu'un homme, même en parfaite santé, fût en état de produire quelque chose de pareil dans un espace de temps aussi court.

Les deux années que Claparède passa à Genève après son retour furent marquées pour lui par les alternatives habituelles qui se produisaient dans sa santé. Ce fut pendant cette période qu'il termina son travail sur le développement et l'anatomie des Acariens, travail qui ne put malheureusement pas trouver place dans les Mémoires de la Société de Physique de Genève, et qui parut en Allemagne [1].

Le résultat favorable de son premier séjour à Naples, au point de vue de sa santé et de ses recherches, décida Claparède, en 1868, à y passer un second hiver; mais ce nouveau séjour ne ressembla guère au premier. Une grave maladie de sa femme lui rendit le travail presque impossible; les soins assidus qu'il prodigua à la compagne de sa vie l'éprouvèrent beaucoup, et il revint lui-même extrêmement souffrant. Le mal qui le minait avait fait des progrès incontestables, et plusieurs fois nous avons cru le perdre après son retour. Bien que son activité fût singulièrement diminuée, et que même la tâche de l'enseignement fût devenue pour lui très-difficile, il continua toujours à travailler et publia diverses notices de moindre étendue, toutes empreintes du même génie d'observation.

En 1870, il voulut essayer une fois encore du climat du Midi et repartit en automne pour Naples; mais, loin d'éprouver le moindre soulagement, il y tomba plus malade que jamais, et les souffrances qu'il endura pendant ce séjour ne lui permirent de suivre à aucune occupation. Il ne se faisait nullement illusion sur son état; ses lettres étaient des lettres d'adieux et indiquaient clairement qu'il ne s'attendait point à revoir Genève; car une hydropisie

[1] Zeitschrift für wissensch. Zool. XVIII. Leipzig, 1868.

qui remontait lentement vers les organes vitaux ne lui laissait aucun espoir.

Dans cette situation, il prit un parti qui servira à peindre l'énergie extraordinaire qu'il déployait dans sa lutte contre les souffrances. Se voyant abandonné des hommes de l'art, il se décida à essayer d'un traitement qu'il qualifiait lui-même de barbare et que les médecins déclaraient impraticable pendant plus de vingt-quatre heures; il se priva pendant vingt-deux jours de toute boisson, tout en s'administrant beaucoup de sel marin. Il réussit, en effet, par ce moyen héroïque à faire momentanément cesser l'hydropisie; il reprit même assez de forces pour effectuer quelques promenades à pied. Ses lettres firent un instant renaître une lueur d'espoir chez ses amis; on l'avait vu tant de fois se relever de si bas que cet espoir finit presque par revêtir le caractère de la certitude; mais le patient ne devait pas résister aux fatigues du voyage. L'hydropisie reparut après son départ de Naples et augmenta avec une rapidité effrayante. Claparède y succomba le 31 mai à Sienne, au milieu des circonstances les plus tristes et les plus émouvantes, entouré seulement des soins de sa femme. Le professeur Schiff, accouru de Florence pour lui venir en aide, n'arriva que le lendemain de sa mort.

Claparède n'était âgé que de 39 ans et laissait deux enfants en bas âge.

Quelque prématurée qu'ait été sa mort, il a assez enrichi la science pour s'y être fait un nom considérable. Les ouvrages qu'on lui doit survivront à leur auteur, car tous renferment des recherches exactes et des faits bien étudiés. Mais que de regrets ne doit-on pas avoir en pensant à tout ce que cet homme aurait produit si son existence

s'était prolongée encore pendant quelques années! On en peut juger par son dernier ouvrage sur les Annélides du golfe de Naples, qui fut l'œuvre d'une seule saison de séjour dans ces parages. Il est bien plus difficile de se figurer ce qu'on aurait vu sortir de sa plume si, au lieu d'être sans cesse aux prises avec les souffrances, il avait joui d'une bonne santé. Son existence précaire ne lui a jamais permis d'entreprendre des ouvrages de longue haleine, et on a lieu de s'étonner qu'il ait pu même en produire d'aussi étendus durant les trop courtes périodes qu'il pouvait consacrer à un travail suivi.

Il laisse un ouvrage inédit sur l'histologie des Annélides, fruit des derniers efforts de sa vie. Espérons que cette œuvre, que nous savons être aussi remarquable que les précédentes, ne tardera pas à être livrée à la publicité, malgré les difficultés matérielles qui en ont jusqu'à ce jour entravé la publication.

Par acte testamentaire, Claparède a légué à la ville de Genève sa magnifique bibliothèque scientifique. En prenant place dans notre bibliothèque publique, cette riche collection y comblera une lacune qui depuis longtemps ne se faisait que trop sentir. Le donateur, en terminant sa carrière scientifique, a voulu que les éléments de travail depuis longtemps accumulés par lui continuassent à profiter à d'autres et à contribuer au développement scientifique de sa ville natale, auquel il s'était toujours si vivement intéressé. Cet acte de munificence lui assure la reconnaissance des générations futures.

Après avoir cherché, dans les pages qui précèdent, à tracer l'esquisse de la vie de Claparède, il nous reste à

rendre compte des principaux traits de son caractère.

Tous ceux qui ont entretenu avec lui des rapports suivis connaissaient sa modestie et cette droiture parfaite qui dénotait chez lui une conscience à l'abri de tout reproche.

Il possédait l'instinct de la générosité et distribuait avec largesse toutes ses publications, quelle que fût d'ailleurs leur importance. Il était serviable au delà de toute expression. Pour les étudiants comme pour ses nombreux visiteurs, Claparède était toujours rempli de prévenances. C'était toujours avec une parfaite bienveillance qu'il venait en aide à ceux qui aimaient à le consulter pour leurs propres travaux, ou qui, arrêtés par quelque difficulté, réclamaient le secours de ses lumières. Jamais il ne laissait sentir sa supériorité; il n'avait rien de dédaigneux pour les travaux d'autrui; il accordait aux moindres productions une attention aussi sérieuse que si c'eussent été des œuvres importantes.

Il avait un cœur sensible qui s'ouvrait à toutes les infortunes. Nous l'avons vu toujours prêt à venir en aide aux hommes de science nécessiteux, et à prendre l'initiative de souscriptions au profit de leurs veuves et de leurs orphelins. Le dévouement se manifestait chez lui, même au profit des inconnus, comme le prouve le fait suivant: Une faiblesse extrême, résultat de ses maladies, et le danger toujours menaçant des hémoptysies, interdisaient à Claparède tout effort physique et l'obligeaient, sous peine d'un vrai danger de mort, à fuir les foules où il aurait pu être bousculé. Malgré cela, à l'époque de nos plus grandes agitations politiques, on l'a vu s'interposer dans la rue au milieu d'une batterie, afin d'arracher un homme à une sorte de guet-apens où il venait de tomber. Il

l'aide à se réfugier dans un magasin, en garde la porte pendant plus d'une heure, parlemente avec les forcenés qui réclament leur victime, et finit par les décider à la retraite. Dans sa vie scientifique, il n'a jamais montré aucune de ces petites passions jalouses, si fréquentes chez les hommes qui suivent la même carrière. Toujours il s'est appliqué, dans ses écrits, à rendre justice aux travaux des autres.

Le seul reproche qu'on pourrait lui adresser (et bienheureux qui n'en mérite pas d'autres!) c'est de s'être souvent montré un peu trop entier dans la forme qu'il imprimait à la discussion. Il manquait un peu de ce moelleux, un peu de cette urbanité qu'on rencontre ordinairement chez ceux qui s'expriment dans la langue française, et de cette finesse de tact qui veut que l'opinion personnelle sache s'effacer au moment où elle menacerait de devenir blessante. Lorsqu'il distinguait clairement l'erreur, il la combattait parfois avec trop de crudité. Dans ses articles de critique, il a souvent traité sévèrement la superficialité de certains auteurs, et sa probité scientifique lui faisait rudoyer le manque de bonne foi, sans se laisser arrêter par aucune considération. Du reste, cette disposition, que je voudrais presque nommer un excès de droiture, était en partie éclipsée chez lui par sa bonté naturelle, et il ne conservait de ressentiment contre personne.

Quelque dangereux qu'il soit de chercher à juger des opinions d'autrui, nous croyons ne pas nous tromper en disant que Claparède était un disciple décidé de Kant, par conséquent un subjectiviste convaincu; mais en même temps il semblait graviter vers un panthéisme dynamique dans lequel l'idée de la *force* l'emportait sur celle de la *matière*. Ces tendances, assez fréquentes chez les natu-

ralistes, et qui chez lui semblaient ressortir de ses cours aussi bien que de ses écrits, lui avaient valu, au début de sa carrière, d'innombrables désagréments de la part des personnes vouées aux idées dogmatiques. Mais, après quelques années, lorsqu'il fut mieux connu, il finit par être apprécié par ceux mêmes qui s'étaient faits ses détracteurs, et il mettait une certaine coquetterie, qui n'était pas sans un grain de malice, à les traiter en amis, ou même à les inviter à sa table, « comme il convenait à un homme sans préjugés. » On l'entendait volontiers répéter « que la divergence des opinions ne doit point éloigner les hommes les uns des autres, » ainsi que cela se voit malheureusement trop souvent dans ce monde, et il se divertissait aux dépens de ceux qui, parce qu'ils ne pensent pas de même sur certains points, croient ne plus pouvoir se saluer.

Sa conversation était toujours savante, sur quelque sujet qu'elle se portât, car on aurait difficilement trouvé une spécialité scientifique ou littéraire, même parmi les plus étrangères à ses études ordinaires, sur laquelle il fût pris au dépourvu, et malgré le positivisme de ses travaux, il ne dédaignait point les œuvres d'imagination. Dans l'abandon de l'intimité, il devenait un causeur charmant, avec lequel on oubliait les heures, et, dans le monde, que ses maux l'empêchaient de fréquenter beaucoup, les charmes de son entretien le faisaient rechercher des femmes aussi bien que des hommes de toutes les catégories.

La mort de Claparède a enlevé à Genève un des plus beaux fleurons de sa couronne scientifique, et à notre Académie l'un de ses meilleurs professeurs. Pour tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent aux progrès des

sciences, elle est un profond sujet de deuil. Claparède était un de ces hommes qui marquent dans la vie intellectuelle d'un pays et qui semblent prédestinés à faire école. On rencontrait en lui un ensemble de facultés qui rarement se trouvent réunies chez le même individu ; ainsi, une facilité extraordinaire à s'assimiler les travaux des autres, une mémoire prodigieuse, une promptitude de conception et une sûreté d'observation qui ne s'est jamais démentie. A ces facultés essentielles il joignait toutes les qualités accessoires qui facilitent le travail dans le domaine des sciences naturelles; il excellait dans l'art d'établir de fines préparations ; il maniait le pinceau avec autant de talent que le scalpel et dessinait lui-même les planches de ses ouvrages. Il connaissait toutes les langues de l'Europe, en dehors des langues slaves; ses lectures étaient immenses, et, bien qu'il ne prît guère de notes, son érudition avait (qu'on me passe l'expression) quelque chose d'effrayant ; c'est ce que disait de lui un de ses juges à l'époque où, à peine sorti des études, il subissait à Genève ses derniers examens. Enfin, chez lui, une logique puissante conduisait d'un pas assuré jusqu'aux déductions les plus abstraites, sans jamais s'égarer en route dans le domaine de l'imagination. Aussi la largeur de ses vues frappait tous ceux qui l'abordaient, et son enseignement avait une ampleur qui entraînait dès les premières phrases, bien qu'il ne sacrifiât jamais à l'éloquence.

Mais pour ceux qui vivaient dans son intimité, ce n'est pas seulement un savant qu'ils perdent en lui, c'est aussi un ami sûr et dévoué, un homme qui, à côté du génie de la science, possédait toutes les qualités du cœur.

Henri de Saussure.

LISTE DES OUVRAGES D'ÉDOUARD CLAPARÈDE.

1. Résumé des travaux les plus récents sur la génération alternante et sur les métamorphoses des animaux inférieurs. (Archives des Sciences de la Bibliothèque Universelle de Genève, 1854, tome XXV.)
2. Ueber *Actinophrys Eichhornii.* (Archiv für Anatomie, Physiologie, etc., von Dr J. Müller, Berlin, 1854; et Annals of Natural History, 1855, tome XV.)
3. Sur la théorie de la formation de l'œuf. (Archives des Sciences, 1855, tome XXIV; et Annals of Natural Hist., 1856, tome XIII.)
4. Anatomie und Entwicklungsgeschichte der *Neritina fluviatilis.* (Müller's Archiv, 1857; et Annals of Natural History, 1857, XX.)
5. De *Cyclostomatis elegantis anatome.* Dissertatio inauguralis. Berolini, 1857. (Thèse in-folio.)
6. Supplément à un mémoire de G.-R. Wagener : Ueber *Dicyema,* etc. (Müller's Archiv, 1857.)
7. Beitrag zur Anatomie des *Cyclostoma elegans.* (Muller's Archiv, 1858.)
8. Note sur la reproduction des Infusoires, par Ed. Claparède et J. Lachman. (Annales des Sciences naturelles. Paris, 1857, tome VIII.)
9. E. Claparède et J. Lachman. Études sur les Infusoires et les Rhyzopodes; 2 vol. grand in-4°. Genève, 1857—61. (Extrait des Mémoires de l'Institut national genevois, tomes V, VI et VII.) Grand prix de l'Acad. des Sciences de Paris.
10. Sur les prétendus organes auditifs des antennes chez les Coléoptères lamellicornes et autres insectes. (Annales des Sciences naturelles, 1858, tome X.)
11. De la formation et de la fécondation des œufs chez les vers Nématoïdes. Genève, 1859, in-4°. (Extrait des Mé-

moires de la Société de Physique de Genève, 1860, tome XV.) — Voir aussi Annals of Nat. Hist., 1858, tome I, et Zeitschr. für wissenschaftl. Zool., 1858, tome IX.

12. Analyse des travaux les plus récents relatifs à l'accommodement de l'œil aux distances. (Archives des Sciences, 1858, tome I.)
13. Quelques mots sur la vision binoculaire et stéréoscopique et sur la question de l'Horoptre. (Archives des Sciences, 1858, tome III.)
14. Nouvelles recherches sur l'Horoptre. (Ibid.)
15. Encore un mot sur l'Horoptre. (Ibid.) — Voir aussi Zeitschrift für wiss. Zool., 1858, tome IX, et Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1858, p. 566.
16. Beitrag zur Kenntniss des Horopters. (Reichert's Archiv[1], 1859.)
17. Sur l'action physiologique du Curare. (Archives des Sciences, 1858, tome III.)
18. Remarque sur la note (précédente) de M. Prévost, relative à la vision binoculaire. (Archives des Sciences, 1859, tome IV.)
19. Ueber die Kalkkörperchen der Trematoden und die Gattung *Tetracotyle*. (Zeitschr. für wiss. Zool., 1858, tome IX, et Quarterly Journ. microscopic. scienc., 1859, tome VII.)
20. On the reproduction of a Medusa belonging to the Genus *Lizzia*. (Edimburg Proceedings Phys. Soc., 1859—62, tome II.)
21. Recherches sur les lois d'évolution du monde organique pendant la formation de la croûte terrestre, par H.-G. Bronn. — Traduction extraite par Claparède. (Archives des Sciences, 1859, tome IV.)
22. Existe-t-il chez les êtres vivants des forces vitales propres ? (Archives des Sciences, 1859, tome V.)

[1] Continuation des : Archiv für Anat. Physiolog. und wissenschaftl. Medecin, de J. Müller. Berlin.

23. Sur certaines cavités des antennes, etc. (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris, 1859, tome XLVIII.)
24. Zur Morphologie der zusammengesetzten Augen bei den Arthropoden. (Zeitschrift für wissensch. Zool., 1860, tome X.) Voir aussi Annals of Nat. Hist. 1860, VI; et Annales des Sciences naturelles, 1859, tome XII.
25. Beiträge zur Fauna der Schottischen Küste. (Zeitschr. für wissensch. Zoolog. 1860, tome X.)
26. Physiologie de l'état électrotonique des nerfs, par M. Ed. Pfluger. Extrait par Claparède. (Archives des Sciences, 1860, tome VII.)
27. Coup d'œil sur l'état actuel de l'ethnologie au point de vue de la forme du crâne osseux, par Anders Retzius. Traduit du suédois par Claparède. (Archives des Sciences, 1860, tome VII.)
28. La couronne de plis des deux premières sphères de segmentation chez l'œuf de la grenouille. (Archives des Sciences, 1861, tome XI.)
29. Beitrag zur Kenntniss der *Gephyrea*. (Reichert's Archiv, 1861.)
30. Ueber *Polydora cornuta*. (Reichert's Archiv, 1861.)
31. Contributions à l'histoire naturelle des Etats-Unis d'Amérique, par le professeur Agassiz. Article analytique par Claparède. (Archives des Sciences, 1861, tome XII.)
32. L'époque glaciaire en Scandinavie. (Archives des Sciences, 1861, tome XIII.)
33. M. Darwin et sa théorie de la formation des espèces. (Revue germanique, 1861, tomes 16 et 17.)
34. Études anatomiques sur les Annélides Turbellariés, Opalines et Grégarines, observées dans les Hébrides. Genève, in-4°, 1862. (Extrait des Mémoires de la Société de Physique de Genève, 1862, tome XVI.)
35. Recherches anatomiques sur les Oligochètes. Genève, 1862, in-4°. (Ibid.)
36. Observations anatomiques sur le *Bipalium Phebe*. Genève, 1862, in-4°. (Ibid.)

37. Recherches sur l'évolution des Araignées. Mémoire auquel la Société des Arts et Sciences d'Utrecht a décerné une médaille d'or. Utrecht, 1862, in-4°. (Inséré dans le tome 1er des *Natuurkundiger Verhandlingen* de cette Société.)
38. Claparède and W.-B. Carpenter, further researches on *Tomopteris onisciformis*. (Trans. Linn. Soc., 1862, tome XXIII.)
39. Études sur la circulation du sang chez les Aranées du genre Lycose. Genève, 1862, in-4°. (Extrait des Mémoires de la Société de Physique de Genève, 1863, tome XVII.) — Voir aussi : Annales des Sciences naturelles, 1864, II.
40. Glanures zootomiques parmi les Annélides de Port-Vendres, Genève, 1863, in-4°. (Extrait des Mémoires de la Société de Physique de Genève, 1863, tome XVII.)
41. Beobachtungen über Anatomie und Entwickelungsgeschichte wirbelloser Thiere an der Küste von Normandie angestellt. Leipzig, 1863, 1 vol. in-folio.
42. L'âge de bronze en Scandinavie. (Bibliothèque universelle de Genève, partie littéraire, 1863, tome XVI et XVII.)
43. Les principes de la classification animale de M. Dana. (Archives des Sciences. Genève, 1864, tome XXI.)
44. Note sur la reproduction des pucerons. (Annales des Sciences naturelles, 1867, tome VII.)
45. Miscellanées zoologiques. (Ann. Sc. nat., 1867, tome VIII.)
46. Sur un crustacé parasite de la *Lobulara digitata*. (Ann. Sc. nat., 1867, tome VIII.)
47. Nota sopra un Alciopide parasitici della *Cydippe densa*. (Soc. Ital. del Sc. nat. 1867.)
48. De la structure des Annélides, etc. (Archives des Sciences, 1867, tome XXX.)
49. Des progrès récents dans l'étude des infusoires, principalement d'après F. Stein. (Archives des Sciences, 1868, tome XXXI.)

50. De la myopie au point de vue de la physiologie actuelle. (Archives des sciences, 1868, tome XXXII.)
51. Studien an Akariden. (Zeitschr. für wissensch. Zoolog. 1868, tome XVIII.)
52. Beiträge zur Erkenntniss der Entwickelungsgeschichte der Chœtopoden, von Ed. Claparède und Elias Mecznikow. (Zeitschrift für wissensch. Zoolog., 1868, tome XIX.)
53. Histologische Untersuchungen über den Regenwurm (Lumbricus terrestris). (Zeitschr. für wissensch. Zool. 1868, tome XIX.)
54. Recherches sur les Annélides présentant deux formes sexuées distinctes. (Archives des Sciences, 1869, tome XXXVI.)
55. Les Annélides Chétopodes du golfe de Naples. Genève, 1868, 1 vol. in-4°. (Extrait des Mémoires de la Société de Physique de Genève, 1868 et 1869, t. XIX et XX.)
56. Supplément aux Annélides Chétopodes, etc. Genève, 1870, in-4°. (Ibid., 1870, tome XX.)
57. Remarques à propos de l'ouvrage de M. Alfred Russel Wallace sur la théorie de la sélection naturelle. (Archives des Sciences, 1870, tome XXXVIII.)
58. *Ouvrage inédit :* Recherches sur la structure des Annélides sédentaires, 15 planches.

On trouvera en outre, dans le Bulletin des Archives de la Bibliothèque universelle de nombreuses analyses d'ouvrages scientifiques, dont plusieurs offrent presque le caractère de notices originales. (Voir les années 1859-1871.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

G.-Johnstone Stoney et J. Emerson Reynolds. Recherches sur la cause de la discontinuité du spectre des gaz. 2me Partie. Sur le spectre d'absorption de l'acide chlorochromique. (*Philosophical Magazine*, juillet 1871.)

Nous avons déjà rendu compte [1] d'un premier travail dans lequel M. Stoney a montré que trois des raies brillantes du spectre de l'hydrogène peuvent être considérées comme des *harmoniques* d'une même vibration fondamentale. L'auteur, en collaboration cette fois avec M. Emerson Reynolds, a poursuivi cet ordre de recherches dont l'une des principales difficultés réside dans la complication ordinaire des spectres; leurs diverses raies, nombreuses et souvent confuses, ne peuvent pas être considérées comme correspondant aux vibrations harmoniques d'une seule vibration fondamentale. Il y a donc lieu de choisir, pour les étudier, les substances qui produiront les spectres les plus simples.

Les auteurs procèdent de la manière suivante. Ils déterminent les longueurs d'ondulation des différentes raies d'un spectre par comparaison avec les raies d'autres spectres dont les longueurs d'ondulation ont été déterminées par M. Angström. Cela fait, ils représentent graphiquement le spectre en reportant ces raies sur une échelle *en raison inverse* de longueurs d'ondulation (tandis que l'échelle de M. Angström est directement proportionnelle à ces longueurs) de telle manière qu'une raie tombant sur la division 2000, par exemple, de l'échelle ait une longueur de $\frac{1}{2000}$ de millimètre. Cette construction a l'avantage que la représentation

[1] Voyez *Archives*, juillet 1871, tome XLX, p. 366.

graphique ressemble plus au spectre tel qu'on le voit directement au spectroscope, et que les harmoniques successifs d'une même vibration fondamentale sont équidistants sur l'échelle et par suite plus faciles à reconnaître.

En essayant les spectres d'absorption de divers gaz ou vapeurs colorées, MM. Stoney et Reynolds ont reconnu que les vapeurs d'acide chlorochromique, $Cr\,O^2\,Cl^2$, donnent lieu à un spectre caractérisé par une série de lignes noires équidistantes, dans l'orangé, le jaune et le vert. Du côté de l'orangé, ces raies sont de moins en moins marquées et disparaissent entièrement dans le rouge. Du côté du vert, elles vont en augmentant d'intensité et de largeur jusqu'à intercepter complétement les couleurs les plus réfrangibles. — A partir d'une de ces raies qui tombe entre les deux raies D du sodium, on en observe 106 jusqu'à un point situé un peu au delà de la raie *b*. Les auteurs ont déterminé la longueur d'ondulation (rapportée au vide) d'un grand nombre de ces raies, et ils ont trouvé qu'elles correspondent exactement, dans la limite des erreurs d'observation, à des harmoniques successifs. La première ligne, celle qui se trouve entre les deux raies D, serait le 628me (peut-être le 627, 629 ou 630me) harmonique de la vibration fondamentale.

Ces diverses raies présentent des différences d'intensité suivant un certain type qui se reproduit de 5 en 5 raies ; on a une raie faible, puis deux raies d'intensité moyenne, une nouvelle raie faible, une cinquième ligne forte ; ensuite la période recommence. Les auteurs cherchent à tirer de ce fait quelques conclusions sur la *forme* probable de la vibration fondamentale. Nous ne les suivrons pas dans ces considérations.

Enfin, ce travail se termine par une observation qui ne manque point d'intérêt. Pour qu'une ligne brillante ou obscure soit visible, il faut qu'elle ait une certaine largeur, c'est-à-dire que, rigoureusement, la lumière correspondant à cette ligne n'est pas composée d'une seule longueur d'ondulation,

mais qu'elle comprend des vibrations de longueurs d'ondulation voisines dans une certaine limite. Il n'est pas probable que ce fait résulte d'une propriété de l'éther, car la largeur des raies est entièrement différente, suivant les corps sur lesquels on opère. Il faut donc admettre que ce sont les vibrations mêmes des molécules du corps lumineux ou absorbant, qui ne sont pas absolument isochrones, et que leur durée est tantôt un peu plus grande, tantôt un peu plus faible. On peut l'expliquer en admettant que les molécules ont naturellement une période de vibration unique parfaitement déterminée, mais qu'il se produit des perturbations quand des molécules passent assez près les unes des autres pour réagir mutuellement. Dans cette hypothèse, on comprend pourquoi une augmentation de densité ou une élévation de température produit en général un élargissement des raies ; il est évident, en effet, que ces deux causes doivent augmenter la fréquence et l'énergie des perturbations.

Observations sur la note précédente, par J.-L. Soret.

L'idée de chercher des relations harmoniques entre les différentes raies du spectre d'un même corps, n'est sans doute pas nouvelle, et plusieurs savants se sont déjà occupés de cette question [1] ; mais le travail qui vient d'être analysé, ainsi que la première note de M. Stoney, nous paraissent présenter un intérêt spécial : 1° par l'extrême précision avec laquelle les longueurs d'ondulation calculées coïncident avec les longueurs d'ondulation déduites de déterminations expérimentales qui peuvent inspirer une grande confiance ; 2° par l'ordre élevé des harmoniques qui sont indiqués, en

[1] Entre autres M. Lecoq de Boisbaudran (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1869 et 1870) a signalé un grand nombre de rapports approximativement simples entre les longueurs d'ondulation des diverses raies appartenant à un même corps, ainsi que certaines relations entre la position des raies des corps différents.

sorte que les rapports des nombres de vibration ne sont point très-simples. La complication de ces rapports, particulièrement pour l'acide chlorochromique, ainsi que l'absence du plus grand nombre des harmoniques dans le cas de l'hydrogène, est même de nature à faire douter de l'exactitude de l'hypothèse qu'il s'agit de contrôler.

Néanmoins, la coïncidence des valeurs calculées et observées est trop exacte pour que l'on puisse l'attribuer au hazard ; si elle n'est pas due à l'existence d'harmoniques, elle doit provenir de quelqu'autre cause déterminée. Il nous semble donc qu'il y a là des motifs de pousser l'étude de cet intéressant sujet. En faisant entrer en ligne de compte les raies ultra-violettes, dont un grand nombre ont déjà été déterminées photographiquement par M. Mascart, on aurait un champ beaucoup plus étendu que si l'on se bornait au spectre visible, qui ne comprend pas même une *octave* entière.

Comme exemple, je signalerai quelques relations auxquelles je suis facilement parvenu dans un examen très-superficiel et très-incomplet de la question.

On sait que le spectre du *magnésium* présente, entre autres lignes brillantes, un groupe de trois raies vertes (coïncidant avec les raies solaires *b*). M. Mascart [1], en étudiant la partie ultra-violette de ce spectre, a trouvé deux autres groupes de trois raies, rappelant tout à fait le précédent par leur apparence, et en signalant ce fait il ajoutait : « Il est difficile que « la reproduction d'un pareil phénomène soit un effet du « hasard ; n'est-il pas naturel d'admettre que ces groupes « de raies semblables sont des harmoniques qui tiennent « à la constitution moléculaire du gaz lumineux ? »

Les longueurs d'ondulation de la raie la moins réfrangible des trois dans chacun de ces groupes est donnée par les chiffres suivants :

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1869, t. LXIX, p. 337.

1er groupe $\lambda = 0^{mm},0005183$ (détermination de M. Angström)
2e » $\lambda = 0,00038378$ (» M. Cornu)
3e » $\lambda = 0,0003335$ (» M. Mascart)

Or le rapport des deux premiers chiffres, $\frac{0,0005183}{0,00038378}$, est presque identique au rapport des longueurs d'ondulation des raies C et F de l'hydrogène, raies que M. Stoney considère comme les 20me et 27me harmoniques d'une même vibration fondamentale. On pourrait donc considérer aussi les deux premiers groupes du magnésium comme 20me et 27me harmoniques d'un groupe fondamental de vibrations, dont la longueur d'ondulation pour la raie la moins réfrangible serait $0^{mm},0103660$. Quant au 3me groupe, il ne représenterait pas le 32me harmonique (comme cela a lieu pour la raie *h* de l'hydrogène), mais à peu de chose près le 31me.

Pour les raies du *cadmium* qui ont été déterminées par M. Mascart [1], on trouve aussi des faits du même genre. — Ainsi le rapport des longueurs d'ondulations de la 1re raie ($\lambda=0,00064370$) et de la 18me ($\lambda=0,00025742$) est exactement celui de 5 à 2. — En outre, entre la 2me raie du cadmium ($\lambda = 0,0005377$) et la 8me ($\lambda = 0,00039856$) on retrouve encore ce rapport $\frac{27}{20}$ avec une exactitude très-voisine de la limite des erreurs d'observation. On pourrait donc considérer ces deux raies comme les 20me et 27me harmoniques d'une même vibration fondamentale; le 32me harmonique ne se retrouve pas, mais comme pour le magnésium, le 31me harmonique coïncide presque avec la 10me raie ($\lambda=0,00034645$). La 6me raie ($\lambda = 0,00046765$) représente très-exactement le 23me harmonique du même fondamental. — Enfin, la 6me et la 10me raies sont encore reliées par ce même rapport de $\frac{27}{20}$.

Il semble difficile d'admettre que ces coïncidences soient fortuites; on en trouverait probablement d'autres encore en examinant la question de plus près.

[1] *Annales de l'École normale*, 1867, tome IV, p. 28.

A. Cornu. Sur le renversement des raies spectrales des vapeurs métalliques. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 31 juillet 1871.)

On sait que, lorsqu'on introduit un fragment de sodium entre les deux charbons d'une lampe électrique et que l'on examine la lumière produite au spectroscope, on observe le renversement de la raie D: à cette haute température, la lumière émise par le sodium cesse d'être exactement monochromatique et se manifeste sous la forme d'une large bande jaune-orangé; mais en même temps la vapeur métallique à une température moins élevée, qui entoure l'air voltaïque, détermine par l'absorption qu'elle exerce la formation d'une raie noire au milieu de la bande lumineuse.

M. Cornu est parvenu par le même procédé à obtenir le renversement des raies de plusieurs autres métaux, soit dans la partie visible du spectre, soit dans la partie ultra-violette étudiée photographiquement. Par exemple, en plaçant un fragment de magnésium entre les deux pôles d'une lampe électrique, et en écartant un peu les charbons dès que l'étincelle a jailli, on observe d'abord la triple raie brillante *b* avec une grande netteté. En rapprochant alors les pôles, ces raies s'élargissent, et bientôt une ligne noire très-fine apparaît sur la moins réfrangible; en continuant à rapprocher les charbons, la seconde, et enfin la troisième se renversent à leur tour. En faisant tomber le spectre du magnésium sur un cliché photographique, on obtient également le renversement des deux raies les moins réfrangibles du groupe de trois lignes ultra-violettes près de L. Mais d'autres raies, telles que la raie violette située à peu près au milieu des deux triples raies mentionnées ci-dessus, n'offrent pas trace de renversement, ce qui tend à faire admettre qu'il y a diverses catégories dans les raies d'un même spectre.

Les métaux avec lesquels M. Cornu est parvenu à obtenir le renversement d'une ou plusieurs raies sont: le sodium, le

thallium, le plomb, l'argent, l'aluminium, le magnesium, le cadmium, le zinc et le cuivre. Mais le fer, le cobalt, le bismuth, l'antimoine et l'or n'ont pas donné lieu au même phénomène.

L'auteur fait ressortir de la manière suivante le lien entre ces expériences et les observations spectrales du Soleil:

« Lorsque M. Kirchhoff donna l'explication du renversement des raies, on admit avec lui que les raies sombres du spectre solaire étaient dues à une atmosphère continue enveloppant le Soleil et absorbant certaines radiations de la photosphère. Au point de vue chimique, la constitution de cette atmosphère, où se trouveraient *pêle-mêle* les vapeurs de tant de corps différents, ne laisse pas que d'offrir quelques difficultés; l'existence de cette atmosphère est d'ailleurs contredite par les observations comparatives des bords et du centre du Soleil. Si l'atmosphère absorbante avait une épaisseur sensible, le spectre d'absorption varierait avec l'épaisseur traversée par les rayons qui nous parviennent, par suite aurait un aspect différent au centre et sur les bords du disque solaire. On sait qu'il n'en est rien [1]; les astronomes en ont

[1] Les observateurs ne paraissent pas d'accord sur ce point: le R. P. Secchi admet que dans la lumière émise par les bords du Soleil, un grand nombre de raies qu'on aperçoit difficilement au centre, deviennent alors très-visibles; que les raies D du sodium deviennent très-diffuses, etc. (*Le Soleil*, p. 252). M. Janssen, au contraire, pendant l'éclipse annulaire du 6 mars 1867 observée à Trani, ne remarqua aucune variation dans l'intensité de plusieurs raies pâles appartenant au fer (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1867, t. LXIV, p. 596, et 14 août 1871, t. LXXIII, p. 433). Du reste, ce dernier résultat négatif ne paraît pas absolument concluant. Il le serait sans doute si l'on pouvait considérer la surface du Soleil comme parfaitement unie, mais non pas si l'on admet avec le P. Secchi et d'autres, qu'elle est mamelonnée et formée d'énormes cônes saillants (grains de riz) séparés par des vallées remplies d'une atmosphère plus dense. Dans ces conditions, la lumière émise par les bords du Soleil proviendrait nécessairement des sommités seulement et échapperait à l'action exercée sur une partie de la lumière du centre par l'atmosphère plus absorbante des vallées. Il pourrait ainsi y avoir compensation. (*Réd.*)

donc conclu que l'émission des radiations lumineuses et l'absorption de certaines d'entre elles, ont lieu sur la photosphère même. Ces expériences vérifient cette hypothèse et la précisent même jusqu'à un certain point ; car elles montrent :

« 1° Qu'une épaisseur extrêmement faible de vapeurs peut produire le renversement des raies, épaisseur absolument imperceptible à la distance où nous nous trouvons du Soleil ;

« 2° Qu'il n'est nullement utile de supposer une atmosphère continue, si mince qu'elle soit, autour du Soleil, l'absorption étant *toute locale* et se produisant *spontanément* par le refroidissement extérieur autour de chaque point incandescent. »

A.-J. Angström. Sur les spectres des gaz simples. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 7 août 1871.)

M. Angström vient de publier un travail d'une grande importance pour l'analyse spectrale. Déjà dans ses « Recherches sur le spectre solaire, » il avait émis quelques doutes sur la justesse de l'opinion de Plücker, qu'un seul et même gaz puisse donner des spectres variant avec la température, opinion soutenue depuis lors par plusieurs physiciens, et en particulier par M. Wüllner, dont les *Archives* ont souvent analysé les récents travaux. M. Angström a repris cette question, et il arrive à conclure que le spectre des gaz simples conserve toujours son même caractère : une élévation de température peut bien amener une plus grande richesse des lignes, modifier leur intensité relative, élargir les raies et finir par donner lieu à un spectre continu ; mais non pas à produire un spectre réellement nouveau. Selon l'auteur, lorsqu'on opère sur des gaz très-raréfiés, il se produit des causes d'erreurs par suite de l'impureté presque inévitable des gaz.

Ainsi, en raréfiant successivement de l'air dans un tube de Geissler, tout en faisant passer la décharge de l'appareil de Ruhmkorff, M. Angström a obtenu successivement : 1° le

spectre ordinaire de l'air; 2° le spectre cannelé de l'azote (qui serait plutôt dû à un oxyde qu'au gaz simple); 3° le spectre de l'oxyde de carbone; 4° enfin, les lignes du sodium et du chlore (provenant sans doute du verre dans lequel le gaz est renfermé).

Pour l'hydrogène, on sait que l'on a admis l'existence de trois spectres différents, et même de quatre, si l'on veut distinguer le spectre ordinaire de l'hydrogène formé des quatre lignes caractéristiques de ce gaz, du spectre plus ou moins continu qu'il donne à une plus haute température. M. Angström montre que le second spectre caracterisé par une foule de lignes des deux côtés de D et vers C, est identique à celui que M. Berthelot a observé dans de l'hydrogène chargé de benzine, et qu'il attribue à l'acétylène. Ainsi ce second spectre proviendrait d'une impureté de l'hydrogène. Quant au dernier spectre observé par M. Wüllner, il paraît être simplement celui du soufre (provenant sans doute de l'acide sulfurique employé pour la dessication). M. Angström admet donc que l'hydrogène n'a qu'un spectre.

Pour l'oxygène, l'auteur montre également que le second spectre de M. Wüllner coïncide avec les lignes de l'oxyde de carbone, et que le troisième spectre est formé de lignes appartenant soit au chlore, soit au spectre ordinaire de l'oxygène.

Enfin, quant à l'action du magnétisme qui, suivant M. Trève, modifie le spectre, M. Angström l'explique en admettant qu'elle fait entrer d'autres matières ou d'autres combinaisons à l'état incandescent. Ainsi un tube de Geissler, qui donnait naturellement le spectre de l'oxyde de carbone, produisait le spectre de l'hydrogène carboné sous l'influence d'un électro-aimant. Avec un autre tube à hydrogène donnant les deux spectres de Plücker, on voyait apparaître les raies du soufre au centre et celles de l'oxyde de carbone sur les fils polaires, lorsqu'on faisait agir le magnétisme.

RIESS. WIRKUNG DER NEBENSTRÖME, etc. ACTION DES COURANTS LATÉRAUX DE LA BATTERIE ÉLECTRIQUE SUR LE COURANT PRINCIPAL. (*Monatsberichte der Kön. preuss. Akademie der Wissensch.*, mars 1871 ; *Pogg. Ann.*, tome CXLIII, p. 195.)

L'action qu'une décharge électrique exerce par influence sur des circuits voisins fermés, et l'effet que les courants latéraux secondaires ainsi produits exercent à leur tour sur le courant principal, constituent une des causes qui troublent le plus fréquemment les expériences sur l'électricité. M. Riess a entrepris d'étudier cette réaction des courants latéraux sur la décharge primaire et leur action réciproque les uns sur les autres. L'expérience a prouvé, comme on pouvait le prévoir du reste, que cette modification du courant principal portait sur la durée seulement du mouvement électrique et non pas sur la quantité d'électricité déplacée. Pour la manifester, l'auteur s'est servi de son thermomètre électrique, l'aiguille aimantée ne donnant pas plus d'indications dans ce cas que lorsqu'il s'agit des variations produites sur l'étincelle électrique par un allongement plus ou moins considérable du circuit qu'elle parcourt.

En affaiblissant de plus en plus le courant latéral par l'introduction de longueurs de plus en plus grandes d'un fil de platine mince, l'auteur a observé que le courant principal diminue d'abord graduellement de 100, sa valeur initiale correspondant à la conductibilité maxima du circuit secondaire, à 62, pour remonter ensuite à 104 et au delà, lorsqu'on continue à diminuer l'intensité du courant latéral. Il était égal à 144 lorsque le circuit latéral était interrompu. *La réaction du courant secondaire sur la décharge principale n'atteint point sa valeur maxima lorsque ce courant a sa plus grande intensité, mais lorsqu'il a été déjà notablement affaibli.*

L'auteur a étudié aussi le cas de deux circuits latéraux disposés symétriquement par rapport au courant primaire, et il a trouvé que lorsqu'on augmente continuellement la résis-

tance, d'abord très-faible, d'un des deux circuits latéraux, l'autre courant secondaire commence par diminuer, pour augmenter ensuite, diminuer de nouveau et reprendre une marche ascendante; passant ainsi par deux minima et deux maxima successifs. Le courant primaire atteint sa plus grande valeur au moment du premier minimum du courant secondaire, il diminue ensuite graduellement sans changer sa marche au moment du second minimum du courant secondaire et finit par devenir constant. On voit de la sorte, grâce à l'intervention du second courant latéral, un courant primaire constant produire par influence un courant secondaire variable dans un circuit invariable lui-même.

En étudiant, enfin, l'action réciproque de deux courants latéraux l'un sur l'autre, M. Riess a reconnu que *deux courants latéraux de même ordre s'affaiblissent mutuellement lorsqu'ils sont de même sens, et se renforcent lorsqu'ils sont de sens contraire.* E. S.

HELMHOLTZ. UEBER DIE FORTPFLANZUNGSGESCHWINDIGKEIT, etc. SUR LA VITESSE DE PROPAGATION DES ACTIONS ÉLECTRODYNAMIQUES. (*Monatsberichte*, etc., mai 1871, p. 292.)

La question de savoir si les actions électrodynamiques à distance se transmettent avec une vitesse finie, ou se produisent instantanément et sans retard appréciable, est encore très-controversée. Dans un mémoire fort remarquable publié récemment [1], M. Blaserna admettait que la *vitesse inductrice* est très-faible et de même ordre que celle du son. Il l'évaluait, dans le cas du courant induit direct, à 550^m à travers l'air, et à 330^m à travers la gomme laque. Dans le travail dont nous rendons compte ici, M. Helmholtz a repris cet important sujet et est arrivé à des conclusions entièrement différentes.

[1] *Giornale di Science Naturali ed Economiche.* Palerme, 1870, vol. VI; *Archives*, 1870, tome XXXVIII, p. 338.

L'interrupteur dont il s'est servi consistait en un pendule en fer, parfaitement rigide, dont l'axe de suspension était fixé dans la muraille et que l'on faisait tomber toujours d'une hauteur déterminée. Ce pendule était muni de deux dents, avec lame d'agathe, qui, à l'instant où le pendule passait près de sa position d'équilibre, venaient frapper deux petits leviers légers, dont le déplacement produisait une interruption immédiate dans deux circuits différents (le circuit inducteur et le circuit induit). L'un des deux leviers était fixe, l'autre était disposé sur un charriot mu à l'aide d'une vis micrométrique. L'intervalle de temps compris entre les deux interruptions se déduisait exactement de la vitesse connue du pendule et de la lecture de la vis micrométrique. Une division de cette vis correspondait à $\frac{1}{231170}$ de seconde. Le circuit inducteur se composait d'un fil de cuivre de 1^{mm} de diamètre faisant $12\frac{1}{4}$ tours sur un anneau de 80 centimètres de diamètre (spirale inductrice) et parcouru par le courant de 1 couple de Daniell. La spirale induite, de même diamètre que l'autre et formée par 560 tours d'un fil de cuivre de $\frac{1}{2}^{mm}$, était reliée aux deux plateaux d'un condensateur de Kohlrausch. La charge accumulée sur le plateau mobile de ce condensateur était mesurée ensuite avec un électromètre de Thomson. L'écartement entre les deux spirales a varié de 34 à 170 centimètres.

On peut, à l'aide de cet appareil, étudier la série des oscillations électriques qui, après la rupture du circuit inducteur, se produisent dans la spirale induite. Comme ces oscillations vont de l'un des plateaux du condensateur à l'autre en passant par un conducteur non interrompu, elles se produisent avec beaucoup plus de régularité et en beaucoup plus grand nombre que dans l'arc de fermeture d'une bouteille de Leyde. M. Helmholtz a compté jusqu'à 35 oscillations complètes (positive et négative) lorsque les spirales étaient à 34 centimètres de distance. Leur durée était de $\frac{1}{2611}$ de se-

conde. L'expérience consiste à déterminer très-exactement les instants où le courant induit est nul ; on observe entre eux des intervalles de temps égaux. La durée de l'étincelle qui se produit lors de l'interruption du courant primaire, se mesure par la différence existant entre l'un quelconque de ces intervalles et celui qui sépare le premier choc du pendule du premier instant où le courant induit devient nul; elle était égale dans ces expériences à $\frac{1}{10}$ d'une oscillation totale.

Or M. Helmholtz a constaté de la sorte que *l'écartement de plus en plus grand des deux spirales (il a été jusqu'à 136cm) ne modifiait pas les positions correspondantes aux zéros du courant induit d'une quantité égale à une division de la vis micrométrique représentant* $\frac{1}{381170}$ *de seconde. De telle sorte que si réellement les actions inductrices se transmettent avec une vitesse appréciable, celle-ci doit être plus grande que 314400m, c'est-à-dire environ 42,4 milles géographiques à la seconde.* E. S.

CHIMIE.

C.-Alph. Valson. Propriétés modulaires des solutions salines considérées au point de vue des densités. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LXXIII, p. 441.)

L'auteur signale une relation simple qu'il a constatée entre les densités des solutions salines, analogue à celle qu'il avait déjà observée entre leurs effets capillaires [1].

Toutes les solutions employées renferment un équivalent, en grammes, de sel anhydre dissous dans un litre d'eau. En prenant pour point de départ le chlorhydrate d'ammoniaque MR, dont la densité normale 1,015 est la plus faible de toutes celles qui ont été observées, on obtient la densité de tout autre solution M'R' en ajoutant un *module* constant *m* pour le rem-

[1] Voyez *Comptes rendus*, 9 mai 1870.

placement du radical métallique ammonium par tout autre métal M′, et un second module *m′* pour le remplacement du chlore par un autre radical métalloïdique R′.

Les valeurs des divers modules sont les suivantes :

			Équivalent.	Module des densités.
Radical métallique.	Ammonium,	AzH^4	18	0
	Potassium,	K	39	30
	Sodium,	Na	23	25
	Calcium,	Ca	20	26
	Magnésium,	Mg	12	20
	Strontium,	Sr	44	55
	Baryum,	Ba	69	73
	Manganèse,	Mn	28	37
	Fer,	Fe	28	37
	Zinc,	Zn	30	41
	Cuivre,	Cu	32	42
	Cadmium,	Cd	56	61
	Plomb,	Pb	104	103
	Argent,	Ag	108	105
Radical métalloïdique.	Chlore,	Cl	35,5	0
	Brome,	Br	80	34
	Iode,	I	127	64
	Sulfurique,	SO^4	48	20
	Azotique,	AzO^6	62	15
	Carbonique,	CO^3	30	14
	Bicarbonique,	C^2O^5	52	16

Ainsi, pour avoir la densité de la solution normale d'azotate de potasse, il suffira d'ajouter au nombre 1,015 exprimant la densité normale du sel ammoniac, les modules du potassium et du radical azotique, c'est-à-dire 30 et 15, ce qui donnera 1,060, nombre correspondant avec l'expérience.

La simplicité de cette relation pourra en rendre, dans certain cas, l'application utile ; mais on commettrait, je crois, une

erreur grave, si on voulait la considérer comme l'expression d'une loi naturelle. Je n'en veux, comme preuve, que l'observation signalée par M. Valson, que cette règle n'est applicable que pour des solutions étendues, et qu'elle cesse d'être vraie pour les solutions concentrées.

Il est vrai qu'il considère ce résultat « comme conforme aux principes de M. H. Sainte-Claire-Deville, relativement à la théorie de la dissociation des substances, d'après laquelle les molécules des corps ne manifestent leurs propriétés spécifiques et ne produisent réellement les effets qui leur sont propres que lorsqu'elles sont amenées à un degré convenable de désagrégation et de liberté. »

Il semble donc considérer la relation précédente comme constituant une sorte de loi limite, vraie, comme les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, à partir d'un certain degré de dilution.

Mais il me semble que l'intervention de la dissociation aurait au contraire pour effet de masquer l'existence d'une loi naturelle relative à la densité des solutions, si elle existe réellement. On conçoit, en effet, que cette loi devrait se manifester surtout pour des solutions concentrées dans lesquelles les éléments salins sont tous dans le même état de combinaison, tandis que la dilution, amenant la dissociation dans une proportion que nous savons être excessivement variable suivant l'affinité réciproque des acides et des bases, introduirait un élément nouveau et variable d'un sel à un autre.

Si, en fait, la relation indiquée par M. Valson ne se vérifie que pour des solutions étendues, la cause en est bien naturelle. La densité de la solution normale de sel ammoniac, servant de terme de comparaison à toutes les autres, est de 1,015. Les densités n'ont été déterminées qu'à une unité près de l'ordre de la troisième décimale ; par conséquent la densité saline de cette solution (j'appelle ainsi par abréviation les quantités dont la présence des sels dissous augmente la densité de l'eau, et qui sont en réalité les seules grandeurs

que l'on ait à comparer), n'est exacte qu'à 6 ou 7 % près. Pour les autres solutions, d'une densité supérieure, l'approximation est un peu plus grande. Mais il n'en est pas moins vrai que la différence de densité de deux solutions pourra paraître conforme à la règle posée par l'auteur, lors même qu'en réalité elle s'en écarterait de plusieurs centièmes.

La vérification de cette relation, avec ce degré d'approximation, ne suffit évidemment pas pour l'établissement d'une loi naturelle, et l'on comprend pourquoi, en opérant sur des solutions plus concentrées dont les densités peuvent être déterminées avec une plus grande exactitude relative, on voit se manifester des divergences que l'emploi de solutions étendues ne permet pas d'apprécier.

L'auteur termine son mémoire par une observation pleine de justesse : « Les résultats auxquels je suis déjà parvenu, concernant les solutions salines, ne sont pas sans analogie avec d'autres théories récentes qui tendent à s'introduire dans la science, notamment avec ce que M. P.-A. Favre appelle le principe de la *thermo-neutralité* des sels. »

Ces soi-disant principes, en effet, ne peuvent être considérés que comme des approximations, suffisantes, sans doute, pour prouver que les diverses propriétés physiques et chimiques des corps composés sont soumises à des lois déterminées, mais malheureusement trop lointaines[1] pour que l'on puisse les considérer comme l'expression de ces lois.

C. M.

[1] J'ai montré (*Archives*, tome XXXVI, page 334) que le mélange de deux solutions renferme un équivalent de sulfate d'alumine et un équivalent d'acétate de soude, mélange qui, si le principe de la thermo-neutralité était exact, ne devrait entraîner aucun effet calorifique, est accompagné d'une absorption de chaleur qui peut atteindre 3000 calories pour des dissolutions très-étendues. (C. M.)

L. Troost et P. Hautefeuille. Sur la volatilisation apparente du silicium et du bore. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LXXIII, p. 443.)

Les curieuses expériences signalées dans ce Mémoire exigeraient, pour être bien comprises dans leurs détails, la reproduction complète de cette notice, à laquelle, par conséquent, nous renvoyons le lecteur en nous bornant à indiquer le fait intéressant qui en résulte.

Lorsque le silicium est chauffé au rouge-blanc dans un courant de gaz contenant du chlorure ou du fluorure de silicium, ce corps, parfaitement fixe par lui-même, est transporté jusqu'aux parties plus froides du tube et s'y dépose, à l'état amorphe si le courant est rapide, ou sous la forme d'un anneau de cristaux de silicium si le courant est très-lent ou s'il n'y a que des traces de ces composés gazeux.

Ces faits s'expliquent par l'existence d'un sous-chlorure et d'un sous-fluorure volatils de silicium, jusqu'ici inconnus, qui ne prennent naissance et ne sont stables qu'à la chaleur rouge-blanche, et se décomposent par le refroidissement en laissant séparer l'excès de silicium.

Des faits analogues se produisent lorsqu'on fait passer l'arc voltaïque d'une pile puissante, ou des étincelles d'induction dans une atmosphère contenant le fluorure ou le chlorure de silicium.

Lorsque ces expériences ont lieu dans une atmosphère renfermant de l'oxygène ou de l'oxyde de carbone, il y a oxydation du silicium et formation d'un dépôt de silice loin du point où le silicium est porté à la plus haute température.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1871.

Le 1 et le 2, rosée le matin.
5, à 6 h. soir, bel arc-en-ciel.
7 et le 8, forte rosée le matin; le 8, halo solaire de 2 à 6 h.
9, rosée le matin; le soir, à 9 h., éclairs à l'Est.
10, id. ; le soir, éclairs au Sud-Est.
11, id.
12, id. ; à 4 $^1/_4$ h., tonnerres à l'Ouest; plus tard, dans la soirée, vers 8 h., second orage, avec éclairs et tonnerres, direction Sud au Nord.
13, à 5 h. soir, halo solaire avec deux parhélies.
16, de 4 à 5 h. matin, éclairs et tonnerres; éclairs toute la soirée et quelques tonnerres depuis 9 $^1/_2$ h.
20 et 21, rosée le matin.
22, forte rosée le matin; à 2 h. après midi, éclairs et tonnerres au Nord; toute la soirée éclairs.
23, à 3 h. après midi, éclairs et tonnerres au Sud-Est; toute la soirée éclairs.
24, rosée le matin; halo solaire à midi.
25, forte rosée le matin.
26, rosée le matin.
30, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à 10 h. matin..........	733,28	3 à 4 h. après m........	723,90
20 à 10 h. matin..........	732,07	15 à 4 h. après m.........	724,32
27 à 10 h. soir............	734,25	23 à 4 h. après m........	727,31
		29 à 6 h. soir............	730,03

Jour	24 h.	normale	24 heures	temp. normale.	Minim.	Maxim.	des 24 h.	tension normale.	des 24 h.	avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	tomb. d. les 24 h.	Nomb. d	nant.	du Ciel.	Midi.	Ecart avec la temp. normale.	Limnim
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	729,26	+ 1,19	+15,27	—3,38	+ 7,9	+21,0	8,30	—2,45	660	— 23	410	890	...	...	N. 1	0,09	17,6	— 0,9	231
2	726,91	— 1,16	+16,58	—2,03	+ 9,4	+23,8	10,79	+0,05	759	+ 75	550	890	...	...	N. 1	0,47	18,4	— 0,1	233
3	724,77	— 3,30	+15,96	—2,61	+13,9	+20,2	11,42	+0,68	867	+182	630	960	8,3	6	SO. 1	0,99	18,6	+ 0,1	230
4	726,53	— 1,54	+15,94	—2,59	+11,8	+21,1	9,91	—0,82	749	+ 63	500	880	14,2	14	SO. 1	0,91	15,7	— 2,8	227
5	730,70	+ 2,63	+13,41	—5,08	+11,8	+17,6	8,19	—2,53	734	+ 47	500	850	0,2	0,5	N. 1	0,56	12,7	— 5,8	225
6	732,41	+ 4,35	+15,17	—3,28	+11,2	+20,0	8,30	—2,41	670	— 18	470	860	...	...	N. 2	0,03	—	—	223
7	729,96	+ 1,90	+15,94	—3,54	+ 9,9	+21,1	10,40	—0,30	773	+ 84	590	890	...	...	N. 1	0,02	16,8	— 1,7	223
8	728,30	+ 0,24	+18,04	—0,31	+11,8	+23,9	11,89	+1,20	764	+ 74	600	870	...	...	N. 1	0,18	17,7	— 0,8	223
9	727,98	— 0,08	+18,98	+0,68	+13,7	+24,9	11,73	+1,05	726	+ 35	540	920	...	...	N. 1	0,23	18,1	— 0,4	222
10	727,69	— 0,37	+18,31	+0,07	+12,8	+24,0	11,18	+0,51	723	+ 30	520	910	...	...	N. 1	0,10	18,6	0,0	215
11	727,76	— 0,29	+18,25	+0,07	+12,3	+23,1	11,76	+1,10	750	+ 55	570	910	...	...	N. 1	0,22	20,4	+ 1,8	212
12	727,40	— 0,65	+19,54	+1,42	+13,7	+25,9	12,81	+2,16	761	+ 64	580	920	5,3	1	variable	0,40	19,8	+ 1,2	210
13	726,86	— 1,19	+21,62	+3,56	+15,0	+28,1	12,61	+1,98	672	— 27	420	900	...	...	SSO. 1	0,28	—	—	208
14	725,93	— 2,11	+22,53	+4,54	+15,4	+28,8	12,45	+1,84	631	— 70	410	920	0,5	1	SO. 1	0,20	19,9	+ 1,3	207
15	725,22	— 2,82	+21,36	+3,44	+18,3	+27,5	12,25	+1,65	669	— 34	450	830	...	...	variable	0,62	18,5	— 0,1	206
16	725,34	— 2,69	+19,30	+1,45	+14,7	+25,0	11,83	+1,25	728	+ 23	460	930	8,3	2,5	variable	0,70	19,2	+ 0,6	205
17	725,51	— 2,51	+18,30	+0,53	+15,3	+24,1	12,59	+2,03	826	+119	540	960	1,9	1	variable	0,67	19,5	+ 0,9	205
18	724,08	— 3,93	+18,71	+1,02	+13,0	+24,0	12,51	+1,97	781	+ 72	540	970	3,6	2	SSO. 1	0,64	19,4	+ 0,9	208
19	728,53	+ 0,53	+19,15	+1,54	+15,3	+23,7	9,81	—0,71	619	— 92	430	750	...	...	SO. 1	0,80	15,7	— 2,8	209
20	731,60	+ 3,61	+17,65	+0,12	+10,7	+23,5	9,57	—0,93	716	+ 3	450	940	...	...	N. 1	0,43	—	—	209
21	730,96	+ 2,99	+19,51	+2,06	+11,7	+27,5	11,07	+0,59	666	— 49	410	920	...	...	variable	0,02	18,7	+ 0,2	212
22	728,94	+ 0,99	+20,21	+2,85	+13,7	+26,9	12,88	+2,42	736	+ 19	530	910	0,3	1	variable	0,37	19,5	+ 1,0	212
23	728,08	+ 0,15	+21,10	+3,83	+16,2	+27,1	13,28	+2,84	731	+ 12	500	940	...	...	variable	0,36	19,7	+ 1,3	210
24	729,37	+ 1,46	+21,93	+4,75	+14,6	+28,5	12,19	+1,77	647	— 74	400	880	...	...	SO. 1	0,19	20,3	+ 1,9	210
25	729,83	+ 1,95	+22,15	+5,06	+12,8	+30,0	11,87	+1,47	623	—100	350	900	...	...	variable	0,00	19,9	+ 1,5	210
26	730,27	+ 2,42	+24,02	+7,03	+15,6	+31,9	13,05	+2,67	612	—113	370	840	...	...	variable	0,29	20,3	+ 1,9	209
27	733,63	+ 5,81	+19,05	+2,16	+16,4	+22,7	8,45	—1,91	562	—166	400	660	...	...	NNE. 2	0,11	—	—	209
28	733,18	+ 5,39	+16,42	—0,37	+12,7	+20,8	7,94	—2,39	591	—140	460	700	...	...	NNE. 2	0,01	20,7	+ 2,4	208
29	731,43	+ 3,67	+15,81	—0,88	+ 9,0	+21,6	9,84	—0,46	731	— 3	540	830	...	...	N. 1	0,00	20,7	+ 2,4	210
30	731,39	+ 3,66	+19,82	+3,23	+11,8	+28,4	11,96	+1,69	716	— 21	400	930	0,4	0,1	N. 1	0,02	20,7	+ 2,4	211
31	731,77	+ 4,07	+20,58	+4,10	+14,6	+26,6	11,55	+1,31	683	— 77	410	890	[illegible]	[illegible]	variable	0,43	20,9	[illegible]	[illegible]

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,78	729,09	729,03	728,66	728,18	727,71	727,52	727,84	728,38
2e »	727,19	727,29	727,27	726,95	726,50	726,16	726,22	726,91	727,32
3e »	731,33	731,57	731,47	730,86	730,33	730,00	729,89	730,55	730,91
Mois	729,17	729,39	729,33	728,89	728,40	728,02	727,95	728,50	728,93
Température.									
	0		0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+12,70	+15,68	+17,41	+19,13	+20,48	+20,46	+19,66	+17,65	+15,76
2e »	+15,40	+18,82	+21,71	+23,21	+24,11	+24,51	+22,90	+19,98	+18,27
3e »	+14,87	+18,50	+21,57	+24,27	+25,50	+25,63	+23,69	+21,04	+16,58
Mois	+14,34	+17,69	+20,27	+22,27	+23,43	+23,60	+22,14	+19,60	+17,5[illegible]
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	9,60	10,40	10,36	9,86	10,07	10,36	10,75	10,90	10,72
2e »	11,32	12,30	12,56	11,63	11,76	11,69	12,54	12,63	11,96
3e »	10,71	11,04	11,11	10,97	11,16	11,02	12,01	12,45	12,18
Mois	10,55	11,24	11,33	10,83	11,00	11,02	11,77	12,01	11,64
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	873	781	694	592	559	574	635	724	[illegible]
2e »	876	763	643	556	531	510	607	733	[illegible]
3e »	847	692	578	493	461	450	553	675	[illegible]
Mois	865	744	636	545	515	509	597	710	[illegible]

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+11,42	+21,76	0,36	17,13	22,7	225,2
2e »	+14,37	+25,37	0,49	19,05	19,6	207,9
3e »	+13,55	+26,55	0,16	20,14	0,7	210,2
Mois	+13,13	+24,62	0,33	18,81	43,0	214,3

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,23 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 38°,4 O., et son intensité est égale à 20,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1871.

Le 3, brouillard tout le jour; à 9 1/2 h. soir, éclairs et tonnerres au Nord-Est; dans la nuit orage avec éclairs, tonnerres et grêle.
4 et 5, brouillard tout le jour.
8, brouillard presque tout le jour.
9, id. le matin.
10, id. le soir.
12, id. depuis midi.
13, id. presque tout le jour.
14, id. le matin.
15, orage à 6 h. matin et à 4 1/2 h. du soir; brouillard une partie de la journée.
16, à 3 1/2 h. après midi, tourmente et pluie; brouillard presque tout le jour.
17, brouillard tout le jour.
18 et 19, brouillard le soir.
22, brouillard presque tout le jour.
27, brouillard le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	568,81	Le 4 à 6 h. matin	564,23
6 à 10 h. soir	570,81	12 à 6 h. matin	568,28
12 à 10 h. soir	570,78	17 à 6 h. matin	565,43
20 à 10 h. soir	572,88	23 à 8 h. soir	570,05
26 à 8 et 10 h. matin	574,10	29 à 6 h. matin	571,10
30 à 10 h. soir	573,50		

Jours du mois	Baromètre: Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre: Écart avec la hauteur normale.	Baromètre: Minimum.	Baromètre: Maximum.	Température C.: Moyenne des 24 heures.	Température C.: Écart avec la température normale.	Température C.: Minimum*	Température C.: Maximum*	Pluie ou neige: Hauteur de la neige.	Pluie ou neige: Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige: Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	568,17	— 0,71	567,93	568,83	+ 5,47	— 0,93	— 0,2	+ 7,8	.....	.....	....	NE. 1	0,16
2	568,38	— 0,51	568,11	568,81	+ 6,68	+ 0,28	+ 3,0	+10,2	.....	.....	....	SO. 1	0,74
3	565,59	— 3,31	564,63	566,93	+ 3,30	— 3,09	+ 2,8	+ 4,5	.....	.....	....	SO. 2	1,00
4	565,50	— 3,40	564,23	566,34	+ 2,29	— 4,10	0,0	+ 5,0	.....	45,0	....	NE. 1	0,90
5	567,14	— 1,76	565,31	568,91	— 0,38	— 6,76	— 1,5	+ 2,0	.....	13,5	....	NE. 2	0,96
6	570,18	+ 1,28	569,06	570,81	+ 2,81	— 3,56	— 2,2	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0,12
7	570,16	+ 1,27	570,11	570,41	+ 8,07	+ 1,72	+ 5,3	+11,8	.....	.....	....	variable	0,07
8	569,49	+ 0,60	569,46	569,71	+ 7,36	+ 1,03	+ 5,2	+10,3	.....	.....	....	NE. 1	0,74
9	569,16	+ 0,28	568,95	569,50	+ 7,77	+ 1,46	+ 6,5	+10,4	.....	.....	....	NE. 1	0,57
10	568,73	— 0,14	568,69	569,13	+ 7,09	+ 0,81	+ 4,5	+10,3	.....	.....	....	NE. 1	0,53
11	569,23	+ 0,37	568,61	570,01	+ 8,35	+ 2,10	+ 4,2	+12,4	.....	.....	....	SO. 1	0,58
12	569,81	+ 0,96	568,28	570,78	+ 8,40	+ 2,18	+ 7,0	+11,3	.....	6,6	....	SO. 1	0,77
13	569,72	+ 0,89	569,56	569,98	+ 8,35	+ 2,16	+ 6,4	+10,2	.....	.....	....	SO. 1	0,79
14	569,04	+ 0,23	568,32	569,66	+10,70	+ 4,54	+ 7,2	+13,4	.....	.....	....	calme	0,56
15	567,93	— 0,86	567,71	568,46	+ 7,93	+ 1,81	+ 6,4	+10,8	.....	11,9	....	SO. 1	0,90
16	566,97	— 1,80	566,72	567,38	+ 6,30	+ 0,22	+ 3,8	+11,0	.....	9,9	....	variable	0,81
17	566,18	— 2,57	565,43	567,06	+ 4,11	— 1,93	+ 3,8	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	1,00
18	566,58	— 2,14	566,27	567,21	+ 7,95	+ 1,95	+ 5,9	+10,6	.....	.....	....	SO. 1	0,54
19	568,76	+ 0,07	567,01	570,32	+ 6,25	— 0,30	+ 4,5	+ 9,2	.....	.....	....	NE. 1	0,71
20	571,78	+ 3,12	570,43	572,88	+ 8,53	+ 2,63	+ 4,8	+11,4	.....	.....	....	NE. 1	0,10
21	572,41	+ 3,78	572,25	572,74	+ 9,76	+ 3,91	+ 7,2	+14,8	.....	.....	....	variable	0,24
22	571,16	+ 2,56	570,89	571,55	+ 8,29	+ 2,50	+ 6,0	+11,6	.....	5,2	....	NE. 1	0,90
23	570,12	+ 1,56	570,05	570,81	+ 7,63	+ 1,90	+ 6,0	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,53
24	571,49	+ 2,97	570,61	572,40	+10,06	+ 4,39	+ 8,9	+11,9	.....	.....	....	NE. 1	0,04
25	573,07	+ 4,59	572,20	573,96	+12,86	+ 7,26	+ 9,0	+16,4	.....	.....	....	calme	0,00
26	573,63	+ 5,19	573,40	574,10	+11,60	+ 6,07	+ 9,1	+14,8	.....	.....	....	NE. 1	0,21
27	572,80	+ 4,40	572,36	573,15	+ 8,00	+ 2,54	+ 6,0	+14,5	.....	.....	....	NE. 1	0,48
28	572,31	+ 3,96	572,15	572,64	+ 8,35	+ 2,96	+ 6,1	+11,1	.....	.....	....	NE. 1	0,00
29	571,71	+ 3,41	571,10	572,40	+ 9,43	+ 4,11	+ 7,5	+12,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
30	572,83	+ 4,58	572,06	573,50	+ 8,99	+ 3,75	+ 6,8	+12,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
31	573,14	+ 4,94	572,92	573,41	+ 9,99	+ 4,83	+ 6,0	+13,8	.....	.....	....	calme	0,42

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,77	568,05	568,25	568,38	568,48	568,48	568,45	568,52	568,59
2e »	568,02	568,39	568,65	568,74	568,66	568,71	568,70	569,05	569,21
3e »	571,92	572,25	572,41	572,39	572,34	572,32	572,27	572,42	572,58
Mois	569,32	569,65	569,86	569,92	569,91	569,92	569,89	570,08	570,21
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 2,83	+ 4,82	+ 6,20	+ 7,15	+ 7,38	+ 6,92	+ 5,83	+ 5,02	+ 4,75
2e »	+ 5,92	+ 8,63	+ 9,29	+10,04	+ 9,99	+ 8,81	+ 7,70	+ 7,37	+ 6,92
3e »	+ 7,51	+ 9,83	+10,97	+12,46	+12,60	+11,13	+ 9,65	+ 8,66	+ 8,55
Mois	+ 5,49	+ 7,83	+ 8,89	+ 9,97	+10,07	+ 9,02	+ 7,79	+ 7,07	+ 6,80

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade	+ 2,34	+ 7,90	0,58	58,5	—
2e »	+ 5,40	+10,53	0,68	28,4	—
3e »	+ 7,15	+13,15	0,26	5,2	—
Mois	+ 5,03	+10,61	0,50	92,1	—

Dans ce mois, l'air a été calme 15 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,27 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 35,1 sur 100.

* Voir la note du tableau.

QUELQUES TRAVAUX RÉCENTS

DE

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Dans l'état actuel de nos connaissances, il ne s'agit plus guère de découvertes éclatantes, de travaux appelés à un grand retentissement. Il peut en être ainsi dans les débuts d'une science, mais la tâche qui nous incombe est essentiellement différente. Nos devanciers ont posé les grands principes, et d'une manière générale on peut dire que la science repose sur des bases fermes, solides, que rien ne peut ébranler. Ce qu'il nous reste à faire, à nous, c'est l'étude approfondie, minutieuse; nous ne devons négliger aucun détail, si minime qu'il puisse paraître. Ce n'est qu'en suivant cette marche, plus aride peut-être, qui de loin doit sembler plus ingrate, que les savants contemporains arriveront à perfectionner l'œuvre entreprise et à introduire dans l'esquisse qui nous a été laissée le fini d'un tableau parfait.

Ces réflexions générales que je crois vraies pour toutes les sciences, s'appliquent particulièrement bien à la physiologie végétale.

Les grands traits de la vie des plantes nous sont connus, et nous pouvons à peu près suivre les différentes phases du développement depuis les premiers mouvements vitaux de la graine qui germe, jusqu'au moment où les produits de la végétation vont s'accumuler dans le fruit et préparent ainsi une nouvelle génération.

Mais si les traits généraux sont connus, combien de détails manquent encore, combien de phénomènes qui nous échappent au moins en partie, combien de questions à résoudre !

Le nombre de ceux qui se consacrent à cette tâche est grand, et lorsqu'on veut donner un aperçu de l'état actuel de la science, on n'a que l'embarras du choix au milieu des matériaux qui se présentent de toutes parts. Toutes les nationalités concourent à cette œuvre, mais nulle autant que la nationalité germanique. La physiologie végétale a tendu, depuis l'époque de De Candolle, à se naturaliser en Allemagne, et si l'on peut citer parmi les savants appartenant à d'autres nations bien des noms avantageusement connus, c'est cependant aux Allemands que revient l'honneur de la plupart des découvertes tout à fait modernes, de celles qui ont le plus contribué à donner à la science sa forme et ses tendances actuelles.

Si les travaux sont nombreux, leur forme même les rend très-difficiles à analyser ; beaucoup ne sont, pour ainsi dire, que le compte rendu d'expériences extrêmement minutieuses et qu'il n'est pas possible de peindre à grands traits. Il ne faut pas s'attendre à y rencontrer des résultats frappants, de nature à ouvrir des horizons nouveaux. Les uns ne font que confirmer les faits déjà connus, les autres y introduisent de légères modifications, mais sans en changer cependant le caractère général.

I

A la base des travaux de physiologie, nous trouverons toujours ceux qui ont trait aux relations de la plante et de la lumière, et en particulier au rôle si intéressant et si varié que joue la chlorophylle dans la vie végétale.

M. le professeur Sachs est le premier qui ait signalé le phénomène curieux et inattendu d'une diminution dans l'intensité de la couleur de la chlorophylle sous l'influence directe des rayons du soleil [1]. En d'autres termes, si une portion des feuilles se trouve abritée par un écran quelconque, elle ne tarde pas à se détacher en plus foncé sur les autres parties exposées au soleil.

La cause de ce phénomène a exercé la sagacité des physiologistes, et on a fini par reconnaître que ce changement de couleur n'était qu'apparent et qu'il résultait de certains mouvements exécutés par les grains de chlorophylle dans l'intérieur de la cellule.

La première observation de ce genre est due à M. Famintzin, auteur de nombreuses recherches sur la lumière et la végétation [2]. Il a remarqué que dans les feuilles de certaines mousses (Mnium sp.) les grains de chlorophylle se groupent pendant la journée dans les cellules, le long des parois horizontales ou parallèles à la surface. Pendant la nuit, ils exécutent un mouvement de retraite et vont se placer le long des parois perpendiculaires à la surface. Ce phénomène est exclusivement dû à l'influence de la lumière; la chaleur n'a rien à y voir.

Des différents rayons, les plus réfrangibles seuls ont la faculté d'entraîner la chlorophylle vers la surface. Les rayons les plus éclairants produisent le même effet que l'obscurité complète.

Ces résultats une fois connus, le même sujet a été re-

[1] Sachs, Physiologie végétale. Traduction française, page 16.

[2] Famintzin, Influence de la lumière sur la répartition des grains de chlorophylle dans les feuilles d'un Mnium. Pringsheim's Jahrb. für wiss. Botanik, V, p. 49.

pris et traité plus à fond par M. Borodin [1]. Il a étudié un grand nombre de plantes, soit cryptogames, soit phanérogames. Parmi les dernières, il s'est surtout attaché à celles dont les tissus transparents rendaient l'observation facile (Callitriche, Stellaria, Ceratophyllum, Lemna trisulca). Il a reconnu trois phases différentes dans le phénomène. Comme M. Famintzin, il a vu, sous l'action de la lumière, la chlorophylle se porter le long des parois horizontales et se retirer dans l'obscurité; mais, en outre, il a remarqué qu'un soleil trop ardent exerce la même action que l'obscurité; sous l'influence de ses rayons, les grains de chlorophylle quittent les parois horizontales et se dirigent vers les perpendiculaires. Cette action suffit pleinement pour expliquer les changements de couleurs qu'avait signalés M. Sachs. En effet, à la lumière diffuse, la chlorophylle recouvre les parois horizontales, celles qui seules frappent notre œil, la feuille paraît ainsi plus foncée. Au gros soleil ou dans l'obscurité, ces mêmes parois, presque complétement dépourvues de chlorophylle, nous donnent naturellement l'impression d'une teinte plus claire.

Pour ce qui tient à l'effet des différentes régions du spectre, M. Borodin s'est trouvé parfaitement d'accord avec son prédécesseur.

Des recherches de même nature ont encore été faites par M. Prilleux [2] sur les feuilles d'une mousse, la Funaria hygrometrica. Ses résultats concordent en tous points avec ceux des deux savants susnommés.

[1] Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner, etc., von J. Borodin. — Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, tome VII, 1869, p. 50, et Botan. Zeit., 1869, n° 38.

[2] *Comptes rendus*, 1870, tome LXX, 1er semestre.

Enfin, M. Roze [1] conclut des recherches de même nature en disant que ces mouvements des grains de chlorophylle doivent être accompagnés d'un déplacement de toute la masse protoplasmique. Les rapports anatomiques des différentes parties de la cellule rendent ce fait pour ainsi dire nécessaire et évident.

En se livrant à des études analogues, le Dr B. Frank [2] a découvert une propriété entièrement nouvelle de la chlorophylle, propriété dont l'importance ne pourra être bien appréciée que par des études subséquentes. Selon M. Frank, les grains de chlorophylle joindraient à tous les autres traits caractéristiques de leur organisation déjà si compliquée, une tendance marquée à se diriger dans l'intérieur de la cellule du côté le plus éclairé, absolument comme le font les zoospores placés dans une assiette auprès d'une fenêtre. Pour pouvoir constater ce phénomène, il faut naturellement avoir à faire à des plantes à cellules un peu grandes, telles que les présentent souvent les plantes aquatiques. Les premières observations ont été faites sur des feuilles de Sagittaria sagittæfolia, dont un pied croissait près d'une fenêtre. La répartition générale des grains de chlorophylle pendant le jour et pendant la nuit suivit d'abord rigoureusement les lois posées par MM. Famintzin et Borodin ; mais à mesure que l'éclairage unilatéral se prolongeait, les choses changèrent d'aspect et les grains de chlorophylle montraient une tendance toujours plus marquée à s'accumuler du côté de la cellule le plus fortement éclairé.

Les mêmes faits se sont reproduits dans les cellules du prothallium de différentes fougères et dans les feuilles

[1] *Comptes rendus*, tome LXX, 1er semestre.
[2] Botanische Zeitung, 1871, n° 14.

d'une mousse, le Mnium rostratum Schwaeger. La position, la direction, l'orientation des cellules n'ont aucune influence sur le phénomène qui se manifeste également bien dans tous les cas, à la lumière diffuse comme aux rayons solaires; quant aux différentes régions du spectre, l'auteur n'a pas pu faire de distinction marquée. D'une manière générale, la diminution dans l'intensité lumineuse rend le phénomène moins saillant, parfois irrégulier; il se manifeste cependant toujours, quelle que soit la couleur des rayons lumineux.

M. Frank croit pouvoir associer ce déplacement des grains de chlorophylle à des courants protoplasmiques particuliers. Peut-être ce travail deviendra-t-il l'origine d'observations intéressantes sur les relations de la lumière avec les courants intra-cellulaires, phénomènes encore bien imparfaitement connus.

Puisque nous parlons de mouvements, signalons en passant les observations de M. Bert[1] sur ceux des organes dits sensitifs dans la lumière colorée. Ce sont les seules recherches sur ce sujet qui nous soient connues jusqu'à présent. D'après cet auteur, des plantes de Mimosa pudica plongées dans l'obscurité ont péri au bout de douze jours, après avoir perdu toute sensibilité dès le septième. D'autres individus de la même espèce furent enfermés dans des lanternes de verre coloré autant que possible monochromatique, et voici le résumé des résultats obtenus :

Dans la lumière verte, les plantes moururent au bout de seize jours; la sensibilité avait persisté pendant douze jours.

Dans la lumière violette, les plantes vécurent trois mois

[1] *Comptes rendus*, 1870, 1er semestre.

sans se développer, puis périrent. La sensibilité persista jusqu'à la fin.

Dans la lumière bleue, les plantes continuent à vivre sans se développer ; elles gardent constamment un certain degré de sensibilité.

Enfin, dans la lumière jaune et rouge, non-seulement les plantes vivent, mais elles se développent un peu ; elles gardent leur sensibilité.

Si maintenant nous abordons le sujet si important de la décomposition de l'acide carbonique et de l'assimilation dans les grains de chlorophylle, nous trouverons que là aussi des pas en avant ont été faits, et nous aurons à relater des travaux d'une importance majeure.

C'est un fait qui se présente souvent dans l'histoire des sciences, que les premiers observateurs, entraînés peut-être par le charme de la découverte, par le désir de la rendre aussi évidente que possible, donnent aux résultats qu'ils ont obtenus une valeur un peu trop absolue, et ce n'est que plus tard et petit à petit, que les faits apparaissent sous un jour parfaitement exact. Ainsi l'on avait jadis posé comme une loi parfaitement positive que les rayons les plus éclairants du spectre agissaient seuls dans le phénomène de l'assimilation, un rôle différent étant réservé aux rayons réfrangibles. En d'autres termes, l'action de la lumière sur la chlorophylle semblait directement opposée à son influence sur le chlorure d'argent. Des études répétées et approfondies ont déjà bien modifié cette manière de voir. Nous allons chercher à donner une idée exacte de l'état de la question, en parcourant rapidement les différents travaux parvenus à notre connaissance. Nous suivrons simplement l'ordre chronologique en laissant en-

tièrement de côté les questions de priorité qui n'ont pas manqué de s'élever.

Le premier en date est M. Gregor Krauss[1], observateur des plus exacts et auteur de plusieurs travaux importants. Il a repris les études de M. Famintzin sur la production d'amidon dans la lumière colorée, et s'élève contre l'affirmation de cet auteur qu'aucune trace d'amidon n'est produite sous l'influence des rayons bleus.

M. Krauss a suivi les méthodes expérimentales indiquées par M. Sachs pour rechercher les moindres vestiges d'amidon dans les tissus, et a employé comme milieu coloré de grandes cloches doubles imaginées également par cet éminent observateur. L'intervalle entre les deux cloches est rempli d'une solution de bichromate de potasse pour la partie la moins réfrangible du spectre, et d'une solution d'oxyde de cuivre ammoniacal pour les rayons plus réfrangibles.

Différentes plantes aquatiques ou terrestres végétèrent successivement dans ces appareils (Spirogyra, Funaria hygrometrica, Elodea canadensis, Lepidium, etc.). Le résultat fut constamment le même : dans les trois cloches employées (lumière blanche, lumière jaune, lumière bleue) il y eut de l'amidon créé. De l'une à l'autre, il n'y avait qu'une différence de proportion et de promptitude. C'est ainsi que dans la lumière blanche et au soleil, les premières traces d'amidon étaient visibles au bout de cinq minutes; dans la lumière bleue, une insolation de quelques heures pouvait seule produire un effet appréciable.

La température exerçait aussi une certaine influence,

[1] Beobachtungen über den Einfluss des Lichtes und der Wärme auf die Stärkeerzeugung im Chlorophyll. Pringsheim's Jahrbücher, VII, p. 511.

mais seulement dans la proportion selon laquelle elle agit sur la végétation en général. Lorsque la chaleur est plus forte, la végétation est plus active, il est donc bien naturel qu'une plus grande quantité d'amidon soit produite. Mais cet effet n'est point dû à une intervention directe de l'élément calorique dans le phénomène, car la production d'amidon, bien que très-faible, est encore appréciable à une température où la plupart des autres fonctions sont suspendues.

Une contre-épreuve faite au moyen de la balance sur des cotylédons de Lepidium et de Linum a montré, par une augmentation de poids notable, que l'amidon était bien créé là de toutes pièces et qu'il ne s'agissait pas d'un produit de transformation.

M. Prilleux [1] s'est attaché à l'idée que l'effet attribué par ses prédécesseurs aux rayons réfrangibles eux-mêmes, était bien plutôt dû à la diminution de l'intensité lumineuse. Dans les expériences de M. Famintzin sur la Spirogyra, dit-il, la lumière qui traverse la solution est si faible qu'elle est par elle-même incapable de produire un effet marqué. Suivant cet auteur, la faculté assimilante de la feuille est proportionnelle au pouvoir éclairant des rayons qu'elle reçoit.

Il opérait avec une solution de sulfate de cuivre ammoniacal, pas trop concentrée, et exposait ses appareils au gros soleil ou au foyer d'une puissante lentille éclairée par une forte lampe à pétrole.

M. Baranetzky [2] a repris le sujet, trouvant que M. Prilleux avait opéré sur des couches liquides fort minces qui

[1] *Comptes rendus*, 1870, tome LXX, 1er semestre, p. 521. — *Ann. des Sc. natur.*, 5e série, tome X.

[2] Botan. Zeitung, 1871, n° 13.

laissaient passer trop de rayons, ce qui, naturellement, infirmait les résultats. Il employait de l'oxyde de cuivre ammoniacal et du chlorure de fer, qui, en couches de 25^{mm} d'épaisseur, divisaient assez exactement le spectre en deux moitiés plus et moins réfrangibles, mais douées toutes deux d'un pouvoir éclairant à peu près égal. Les résultats ont été tout à fait les mêmes; à égalité d'intensité lumineuse, le nombre des bulles d'oxygène dégagées pendant l'acte de l'assimilation était pareil. De même pour tout ce qui tient au verdissement de la chlorophylle étiolée et à la destruction du principe colorant dans une solution alcoolique de chlorophylle sous l'influence des rayons lumineux. Seules les courbures héliotropes échappent à cette loi et ne se manifestent que sous l'influence des rayons bleus ou voisins.

Voici comment M. Baranetzky propose, dans l'état actuel de nos connaissances, de décrire l'action de la lumière :

a) La décomposition de l'acide carbonique ou assimilation, la formation de la chlorophylle, la destruction du principe colorant sont autant de phénomènes uniquement liés au degré de l'intensité lumineuse.

b) Les courbures héliotropes, les mouvements périodiques d'organes, les courants de protoplasma, les changements de place des grains de chlorophylle ne s'exécutent que sous l'influence des rayons les plus réfrangibles.

Le Dr Pfeffer [1] a publié, sur la décomposition de l'acide carbonique dans les feuilles, un travail le plus complet peut-être que nous possédions sur cette matière. Par la

[1] Wirkung farbigen Lichtes auf die Zersetzung der Kohlensäure in Pflanzen. Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg. Cahier I, 1871.

perfection des méthodes employées et le soin avec lequel les expériences ont été conduites, ce travail conservera toujours une très-grande valeur. Les conclusions, sans être aussi nettes et précises que celles de MM. Prilleux et Baranetzky, sont cependant dans le même sens et tendent à donner la prépondérance au pouvoir éclairant dans l'action directe des rayons lumineux. Voici, du reste, les termes mêmes dans lesquels il les exprime :

« Les rayons du spectre perceptibles à notre œil sont « les seuls qui puissent devenir la cause de la décompo- « sition de l'acide carbonique. Les rayons doués du pou- « voir éclairant le plus considérable, les rayons jaunes « exerçent à eux seuls une influence égale à celle de tous « les autres pris ensemble. Les rayons les plus réfrangibles « n'ont qu'une action beaucoup moins marquée. A cha- « que couleur spectrale revient un certain degré d'activité « dans le phénomène de l'assimilation, degré qui reste « le même, soit que les rayons agissent isolément sur les « plantes, soit que leur action soit combinée. »

Pour arriver à une exactitude aussi complète que possible, M. Pfeffer a laissé de côté les différentes méthodes qui consistent, soit à compter les bulles gazeuses, soit à mesurer les quantités de gaz qui se sont échappées d'une plante végétant dans l'eau. Il a repris la méthode de M. Boussingault, qui faisait végéter ses plantes dans un vase clos, dont l'atmosphère renfermait des quantités connues d'acide carbonique. Comme liquides colorés, il a employé du chromate de potasse, de l'oxyde de cuivre ammoniacal, du rouge d'aniline, de l'orselline, du violet d'aniline, de la chlorophylle, et aussi, pour observer l'effet des rayons de chaleur obscure, une solution très-concentrée d'iode dans du sulfure de carbone.

Nous ne pouvons, du reste, pas décrire ici les appareils et les expériences; nous renvoyons, pour ces détails, le lecteur au mémoire lui-même.

Disons seulement que, dès le début de son travail, M. Pfeffer entrevit que les effets des deux moitiés du spectre séparées par le chromate de potasse et l'oxyde de cuivre ammoniacal, représentaient prises ensemble un total à peu près égal à l'action de la lumière blanche. C'était déjà un grand pas de fait vers l'idée de l'action prédominante de l'intensité lumineuse. C'est à la suite de cette observation que M. Pfeffer, en employant tantôt des liquides monochromatiques, tantôt des liquides qui n'excluaient qu'une ou deux des couleurs spectrales, est arrivé à déterminer à peu près le pouvoir assimilant de chaque rayon. Si à la lumière blanche la chlorophylle décompose 100 parties d'acide carbonique, les rayons isolés donnent les chiffres suivants :

Rouge et orange	32,1
Jaune	46,1
Vert	15,0
Bleu, indigo, violet	7,6
Total,	100,8

Il est donc bien vrai de dire que l'action de la lumière combinée représente la somme des actions partielles qu'exerceraient les rayons isolés. La connaissance de ces chiffres permet à l'auteur de construire la courbe de l'assimilation. Cette courbe, à peu près parallèle à la courbe d'intensité lumineuse, atteint son point culminant entre les lignes D et E de Fraunhofer. Elle n'a, par contre, rien à faire avec la courbe d'intensité calorifique qui suit un parcours entièrement différent.

Enfin, l'auteur a été mis en mesure de confirmer ses

résultats par des données sur l'augmentation en poids, acquise par les plantes sous l'influence des diverses régions du spectre. Ces données sont tirées d'expériences inédites du professeur Sachs; leur auteur a constaté, même dans la lumière bleue, une augmentation de poids extrêmement faible il est vrai, mais plus grande qu'elle ne paraît au premier abord, puisqu'il faut tenir compte de la déperdition de matière solide due à la respiration. Dans la lumière jaune, l'augmentation en poids représentait 35 °/₀ de ce qu'elle aurait été dans la lumière blanche.

L'étude de la diffusion des gaz dans l'intérieur de la plante semble se lier naturellement à l'étude des conditions dans lesquelles se fait l'assimilation; mais si les résultats de recherches pareilles appartiennent à la physiologie pure, la voie par laquelle on y arrive, les expériences, les appareils employés, tout cela rentre bien plutôt dans le domaine de la physique. Les problèmes les plus ardus de la physique moléculaire se trouvent compris dans les questions à résoudre. Aussi nous bornerons-nous à signaler en passant un travail très-important et complet sur cette matière, dû à la plume de M. N.-J.-C. Müller [1], et actuellement encore en voie de publication dans le recueil périodique « Pringsheim's Jarhrbücher für wissenschaftliche Botanik. » Disons seulement que l'auteur se range à l'idée que, dans l'état normal d'une membrane, les noyaux solides (formés de substance cellulosique et d'incrustations minérales) et les couches liquides qui les entourent (théorie moléculaire de Nægli), laissent

[1] Untersuchungen über die Diffusion atmosphärischer Gase in der Pflanze. Pringsheim's Jahrbücher, vol. VI, VII.

toujours entre eux des espaces libres, des pores véritables.

Avant de quitter le sujet des échanges de gaz entre les plantes et l'atmosphère ambiante, mentionnons encore deux observations dues à des savants français.

M. van Tieghem [1] a observé le phénomène bien connu de plantes aquatiques qui, incapables de produire aucun courant de bulles gazeuses sous l'influence de la lumière diffuse, en dégageaient abondamment dès qu'elles étaient frappées des rayons du soleil; mais ce qu'il a remarqué de nouveau, c'est que cet effet ne cesse point immédiatement avec l'insolation. Un pied d'Elodea canadensis qui avait reçu les rayons du soleil pendant trois heures, continua à produire des courants de bulles gazeuses à la lumière diffuse et ne s'arrêta que neuf heures après, lorsque la nuit était venue depuis longtemps. Dans une autre expérience, une insolation d'une heure produisit des courants gazeux qui se prolongèrent pendant trois heures entières dans une obscurité complète. D'après ces observations, les tissus végétaux seraient donc doués de la propriété d'emmagasiner en quelque sorte la lumière solaire. Un tel phénomène pourrait rentrer dans le groupe de ceux qu'on a désignés sous le nom de phosphorescence.

M. Barthélemy [2] a étudié le rôle de la cuticule, cette couche uniforme qui revêt en général l'épiderme des plantes, d'après les principes de Graham sur les colloïdes. Il est arrivé à la conclusion que dans les échanges de molécules gazeuses entre la plante et l'atmosphère, l'oxygène et l'acide carbonique passent surtout à travers la cuticule (face supérieure des feuilles), tandis que l'azote se fraye un chemin à travers les stomates (face inférieure).

[1] *Ann. des Sc. natur.*, 5e série, tome IX, p. 269.
[2] *Ann. des Sc. natur.*, 5e série, tome IX, p. 287.

Aux phénomènes que fait naître dans la plante l'action des rayons lumineux se rattachent tout naturellement ceux qui prennent leur origine dans l'absence de ces mêmes rayons. C'est à ce titre que vient figurer ici un curieux travail de M. Krauss [1] sur les causes de la déformation des plantes étiolées. Ces changements sont bien connus et se présentent sous deux formes en apparence fort différentes: certains organes et en particulier les limbes des feuilles subissent dans l'obscurité un arrêt complet de développement et sont bien loin d'acquérir leurs dimensions normales; d'autres, par exemple les entre-nœuds des tiges, s'allongent au contraire beaucoup plus que de raison et atteignent des dimensions qui dépassent bien des fois leur taille normale.

Ces anomalies, en apparence inconciliables, reposent sur des propriétés des tissus entièrement différentes.

Les feuilles étiolées s'arrêtent au point où, dans des conditions normales, elles auraient commencé à recevoir les rayons lumineux, c'est-à-dire à leur sortie des écailles du bourgeon. Dès ce moment-là, une feuille normale est appelée à se suffire à elle-même; l'amidon ne tarde pas à faire son apparition dans les cellules que leur position met les premières en relation avec les rayons lumineux, c'est-à-dire dans celles des dents, des nervures, etc. C'est sur cet amidon que repose toute la croissance subséquente de la feuille, celui qui est renfermé dans l'intérieur des tissus plus âgés ne lui sert à rien. Dans l'obscurité, il n'y a pas d'amidon produit, il n'est donc pas étonnant que le développement s'arrête. Cette manière de voir est si vraie que certains cotylédons destinés à revêtir une struc-

[1] Pringsheim's Jahrbücher, tome VII, p. 209.

ture foliacée s'arrêtent de croître dans l'obscurité au moment où ils auraient dû sortir de terre, bien que leurs cellules soient encore pleines du sucre ou de l'huile qui était accumulée dans la graine.

La longueur exagérée des entre-nœuds repose sur des causes toutes différentes et se rattache aux phénomènes de tension qui interviennent toujours dans les tiges entre la moelle, partie active d'un côté, et les cellules ligneuses et corticales, parties passives de l'autre.

Au point de vue anatomique, les entre-nœuds étiolés se distinguent en ce qu'ils offrent tous les caractères d'entre-nœuds fort jeunes, sortant du bourgeon; l'épaississement des parois des cellules ligneuses et corticales qui caractérise les tiges adultes, fait complétement défaut. Cet épaississement se trouve, en effet, rattaché par des liens qui ne sont pas encore très-exactement connus à la présence des feuilles sur l'entre-nœud. Dans l'obscurité, les feuilles ne se développant pas, les cellules gardent la ténuité primitive de leurs membranes.

Cela posé, l'allongement des tiges étiolées s'explique facilement, grâce à l'intervention de deux facteurs. Dans les tiges normales, la moelle a toujours de la tendance à s'allonger; ce sont les couches périphériques qui l'arrêtent; dans les jeunes tiges, celles-ci sont soumises à une tension assez forte pour se raccourcir notablement lorsqu'on les isole. Mais à mesure que leurs parois s'épaississent, la résistance devient plus efficace et on s'en aperçoit à ce qu'elles s'allongent de moins en moins lorsqu'on les sépare du reste. Dans l'obscurité, leurs parois ne s'épaississant pas, rien ne s'oppose à l'allongement des cellules médullaires. C'est là le premier facteur.

Quant à la moelle elle-même, M. Krauss[1] a déjà montré, dans un travail antérieur, qu'elle a la propriété de s'allonger uniquement par l'interposition de molécules aqueuses entre les molécules cellulosiques. Cette interposition peut se faire dans la plante étiolée, comme dans la plante normale; la moelle est donc la seule partie du végétal qui continue à *croître activement* dans l'obscurité. Cette croissance est précisément le second facteur de l'allongement des entre-nœuds et en la combinant avec l'absence de résistance des couches périphériques, on comprend que des résultats considérables puissent être produits.

A côté des effets de la lumière, l'étude de ceux de la température trouve tout naturellement sa place.

Au sujet du degré de froid que peuvent supporter les plantes vivantes, M. Göppert, de Breslau[2], fait observer que les températures les plus basses reconnues dans les explorations polaires (— 40° à — 47°) n'intéressent qu'un nombre de végétaux des plus restreints. Ceux dont la tige n'est pas assez élevée pour dépasser la couche de neige se trouvent dans des conditions toutes différentes. Abritées sous un écran mauvais conducteur de chaleur, ces plantes sont soumises à une température qui ne dépasse guère — 2°. Mais si la neige les met à l'abri d'un froid trop vif et devient la préservatrice indispensable de la végétation dans les hautes latitudes et sur les montagnes, le développement n'en est pas moins tout à fait arrêté. Les plantes les plus connues pour fleurir en hiver, l'Helleborus fœtidus et niger, la Bellis perennis, cessent de croître dès que

[1] Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen. — Bot. Zeit. 1867, n°s 17, 18.
[2] Botan. Zeitung, 1871, n°s 4 et 5.

la température est basse ; seulement elles ne souffrent pas de la gelée ; une fleur à demi épanouie peut être complétement enraidie par le froid pendant quelques jours; dès que le dégel arrive, elle recommence à se développer.

Sous nos latitudes, la chaleur de l'été réchauffant le sol, peut exercer une certaine influence sur la végétation hivernale. Dans les régions arctiques, il n'en est point ainsi : le sol, toujours gelé, ne conserve aucune chaleur; tout doit venir du soleil ; c'est ainsi qu'on voit quelquefois des plantes (Saules, Rhododendron) gelées dans les parties inférieures, porter à l'extrémité de leurs rameaux des feuilles et des fleurs épanouies.

Il ne faut pas croire qu'une plante, parce qu'elle est gelée, se trouve par là même mise à l'abri de l'influence délétère d'un froid plus vif. Chaque espèce peut supporter un certain abaissement de température ; quelques-unes peuvent, sans inconvénient, geler tout à fait et dégeler ensuite, mais pour chacune il existe un certain minimum qui ne saurait être dépassé sans entraîner des conséquences fatales. Du reste, M. Göppert, qui depuis de longues années s'est consacré à l'étude des relations de la température et de la végétation, nous fait espérer de plus amples détails sur ce curieux sujet.

On s'est souvent demandé à quel moment périssent les cellules gelées, au moment du gel ou au moment du dégel? La réponse est difficile à donner, et les expériences directes presque impossibles. Il est évident que toutes les cellules qui peuvent geler ou dégeler plusieurs fois sans inconvénient ne périssent que lorsque le dégel se fait dans des conditions défavorables; c'est un fait d'expérience bien connu que, si après une nuit froide, la température s'élève graduellement, si le ciel reste couvert, beaucoup

de plantes, même de jeunes pousses délicates, se remettent parfaitement. Si, au contraire, le soleil amène un dégel trop brusque, le mal prend des proportions tout autres. Mais une foule de végétaux se trouvent dans des conditions très-différentes et périssent dès que leurs cellules ont ressenti les atteintes de la gelée. A quel moment précis meurent-elles? M. Göppert [1] cite à ce sujet une observation, isolée il est vrai, mais cependant curieuse et qui semble prouver que c'est l'action directe du froid, le gel lui-même qui tue les plantes délicates. Deux orchidées tropicales, le Phajus grandifolius et la Calanthe veratrifolia, renferment dans leurs fleurs de fortes proportions d'indigo. Cette substance, ainsi que chacun le sait, est incolore dans les plantes vivantes et ne bleuit qu'après leur mort par un phénomène d'oxydation. Les fleurs de ces deux plantes sont d'un beau blanc, mais il suffit de les froisser un peu fort dans la main pour y faire apparaître la teinte naturelle de l'indigo. Le froid produit exactement le même effet; dès que les fleurs sont gelées, n'importe à quel degré, leur corolle devient aussitôt d'un bleu foncé, qui persiste toujours après le dégel. Dans ce cas, au moins, les cellules ont été tuées par l'action directe du froid.

Un des traits les plus caractéristiques des cellules qui ont souffert de la gelée, c'est la modification de leurs propriétés endosmotiques. Elles perdent leur turgescence et le liquide qu'elles contiennent s'échappe à travers leurs parois sans le moindre effort. M. Sachs a cherché l'explication de ces faits dans les modifications que subit la structure moléculaire de la membrane sous l'influence du dégel. Survient-il brusquement, l'ébranlement produit

[1] Bot. Zeitung, 1879, n° 24.

détruit l'équilibre moléculaire existant. Ce serait un effet semblable à celui qu'on observe dans des circonstances analogues sur du blanc d'œuf ou de la pâte d'amidon. Après le dégel, ces deux substances n'offrent plus qu'une masse spongieuse sans consistance, laissant échapper le liquide qu'elles renfermaient sous la moindre pression.

M. Prilleux [1] s'est élevé contre cette manière de voir; elle suppose, suivant lui, dans les pores invisibles de la membrane, la formation de glaçons qui, par leur fusion, ébranleraient l'équilibre moléculaire. Or les propriétés des espaces capillaires, la difficulté d'y faire geler l'eau, ne sont guère favorables à cette théorie. Les propriétés des cellules gelées étant tout à fait les mêmes que celles des cellules qui ont passé par l'eau bouillante, M. Prilleux propose de chercher l'explication du phénomène dans les altérations du protoplasma et non plus de la membrane. C'est, en effet, sur les propriétés diosmotiques de l'utricule primordial vivant que repose la séparation des différents liquides renfermés dans les différentes cellules. Dès que la vie n'est plus là, les acides se mêlent avec les bases, les substances colorées se répandent à travers les tissus. Le simple fait de la mort du protoplasma suffirait donc, suivant M. Prilleux, pour expliquer toutes les propriétés des cellules gelées.

Quant aux plaques de glace qu'on rencontre souvent pendant l'hiver à la surface des tiges, ou sous l'épiderme, elles proviendraient, suivant le même auteur [2], de l'eau de constitution des membranes. Chaque molécule retient autour d'elle, par les forces d'attraction dont elle est douée,

[1] Sur les propriétés endosmotiques des cellules gelées. — Bulletin de la Société botanique de France, tome XVI, 1869, p. 91.

[2] Bulletin de la Société botanique de France, tome XVI, 1869, p. 140.

une couche liquide d'une certaine épaisseur; sous l'influence du froid, la force d'attraction diminue, une partie du liquide s'écoule et vient se geler à la surface.

II

L'étude des phénomènes dont l'intérieur des cellules est exclusivement le théâtre, des transformations qui s'y font jour, des substances qu'elles renferment a produit aussi quelques travaux qui méritent d'être signalés et d'abord les recherches de M. Schröder[1] sur « la période printanière chez l'érable. » L'auteur s'est attaché à toutes les phases successives qu'offre le développement de la végétation, depuis l'ascension de la sève jusqu'au moment où les feuilles épanouies commencent à décomposer l'acide carbonique. C'est un de ces travaux complets et consciencieux qui, lors même qu'ils ne renferment pas des résultats bien nouveaux, sont néanmoins fort utiles à lire et à consulter, mais il est difficile d'en donner une idée nette en quelques mots.

Un coup d'œil jeté sur la marche qu'a suivie M. Schröder fera bien comprendre le grand nombre de faits qui viennent se grouper dans un cadre comme celui qu'il a adopté.

La première partie est entièrement consacrée à l'étude de la sève, de son ascension, de sa composition. L'érable, sous la latitude de Breslau, « *pleure* » pendant un mois environ; la sève s'élève graduellement jusqu'à un certain niveau, d'où elle redescend peu à peu à mesure que le développement avance. Des trous percés dans le tronc à différentes hauteurs permettaient de recueillir

[1] Frühjahrsperiode des Ahorns. Pringsheim's Jahrbücher, VII, p. 261.

cette sève journellement, et des analyses très-nombreuses nous tiennent au courant des moindres variations dans sa composition. Elle renferme toujours du sucre, produit passager de la transformation de l'amidon accumulé dans les tissus l'été précédent, et destiné à se retransformer dès qu'il aura atteint les bourgeons. La proportion fidèlement représentée par un grand nombre de courbes est assez faible au premier réveil de la végétation ; elle augmente graduellement jusqu'à un certain maximum à mesure que les phénomènes vitaux acquièrent plus d'intensité ; elle diminue enfin lorsque les jeunes organes approchant du terme de leur développement sont à la veille de se suffire à eux-mêmes. Ces faits sont donc parfaitement conformes à la théorie de la croissance, telle que l'ont établie les recherches des observateurs modernes.

L'albumine et les sels minéraux ont été successivement étudiés au même point de vue et leur répartition dans la sève soit à différentes hauteurs au même moment, soit à différentes périodes se trouve exactement réglée par les différentes phases du développement.

La seconde partie est consacrée à l'examen microscopique du bourgeon ; les différentes substances appelées à concourir au développement de la jeune feuille sont poursuivies par les réactifs de cellule en cellule. Deux surtout ont donné lieu à des observations prolongées, ce sont l'amidon et le tanin.

La répartition du premier dans les différents tissus, son transport à travers les couches à amidon des faisceaux fibro-vasculaires, sa disparition vers le point de végétation à la surface duquel il ne tarde pas à reparaître comme cellulose, toutes ces différentes phases sont saisies pas à pas, et nous retrouvons encore ici la

confirmation de tout ce que nous faisait prévoir la théorie.

Quant au tanin, il se développe dans toutes les cellules du bourgeon et une fois qu'il y a fait son apparition, il s'y maintient sans changement appréciable. Son rôle a beaucoup embarrassé M. Schröder, qui n'a pu y reconnaître aucun des caractères d'un produit excrémentitiel proprement dit. Le fait qu'il se rencontre constamment dans les tissus les plus jeunes où la vie est la plus intense semble le désigner comme une sorte de produit final, chargé d'un rôle encore inconnu dans la vie de la cellule. Si la véritable nature chimique de cette substance était mieux connue, la solution du problème deviendrait peut-être plus facile.

Certains auteurs ont cru reconnaître que le cours de la végétation chez les champignons, amenait une exhalaison marquée d'ammoniaque gazeux à leur surface. M. Sachs mentionne le fait dans son traité de physiologie, mais sans l'affirmer absolument. M. Borscow [1] s'est livré à une série d'expériences sur lesquelles il s'appuie pour affirmer positivement l'existence de ce phénomène; la production d'ammoniaque gazeux serait un fait général dans la famille des champignons ; la quantité de gaz exhalée serait en rapport avec l'activité vitale du végétal, mais n'aurait rien à faire avec son poids ; elle serait également sans aucune relation avec la production d'acide carbonique résultat de la respiration.

Mais tout récemment MM. Wolff et Zimmermann [2]

[1] Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, tome VII, p. 121.

[2] Bot. Zeitung, 1871, n[os] 18 et 19.

se sont élevés contre ces conclusions. Dans toutes leurs expériences ils n'ont pu qu'une seule fois apercevoir quelques traces d'ammoniaque et le champignon ne se trouvait pas dans des conditions aussi normales que les autres. Ces deux auteurs estiment donc que l'ammoniaque est chez les champignons comme chez les autres végétaux un produit de décomposition des tissus; mais un produit qui commence à faire son apparition tout aussitôt que les fonctions vitales de l'organisme se ralentissent.

L'inuline, substance du groupe de l'amidon et qui se rencontre dans un assez grand nombre de végétaux, a été de la part de M. Prantl[1] l'objet d'un travail couronné par l'Université de Munich.

Les résultats obtenus par l'auteur de ce mémoire se trouvent dans tous les traits essentiels d'accord avec ce que MM. Nägeli et Sachs avaient dit de l'inuline. M. Prantl désigne cette substance comme un hydrate de carbone qui se distingue de l'amidon, de la cellulose et de la lichenine, en ce qu'elle ne revêt jamais une forme organique. Sa fixité la différencie suffisamment de la dextrine. C'est du sucre de canne qu'elle paraît se rapprocher le plus.

L'inuline se rencontre dans les plantes constamment sous la forme d'une solution de 1 d'inuline pour 7 d'eau; comme dans les solutions artificielles 0,01 gramme d'inuline sature 100 centim. cubes d'eau, il est permis de supposer qu'en se dissolvant dans la plante, elle subit une transformation. Elle n'apparaît jamais que dans les organes souterrains.

[1] Prantl, Das Inulin. Münich, 1870, et Bot. Zeitung, 1870, nº 39.

Cette substance est produite assez fréquemment chez des plantes de différentes familles, mais surtout chez les Composées. Le Dahlia et certains Helianthus en renferment des quantités considérables.

Au point de vue physiologique, l'inuline joue tout à fait le rôle d'un de ces principes nutritifs mis en réserve, tels que l'amidon, le sucre, les huiles, etc. Comme nous le disions tout à l'heure, elle existe exclusivement dans les organes souterrains, tubercules ou rhizômes. Au moment de la croissance, elle se transforme en sucre de canne vers le collet de la racine, puis monte dans la tige sous forme d'amidon et se porte ainsi vers les bourgeons. Plus tard l'amidon créé dans les feuilles descend le long de la tige sous forme d'amidon même ou de sucre et ce n'est qu'arrivé dans la racine qu'il revêt la forme d'inuline.

III

Nous ne pouvons pas terminer cette revue des principales publications physiologiques récentes sans jeter un coup d'œil sur un groupe de travaux fort intéressants, bien qu'ils ne permettent pas encore de s'élever à des conclusions générales. Nous voulons parler de la fécondation chez les plantes phanérogames et du rôle qu'y jouent les insectes. L'idée même n'est pas nouvelle, et déjà au siècle passé Sprengel [1], dans son ouvrage intitulé : « Das entdeckte Geheimniss der Natur, » citait des cas nombreux de fleurs fécondées par l'intermédiaire des insectes. Mais ce n'est que de nos jours qu'on a cherché à généraliser les faits, et M. Darwin le premier a émis l'idée que

[1] Sprengel, Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin, 1793.

la fécondation d'une fleur par elle-même est contraire aux lois de la nature, et que la reproduction d'une espèce n'est bien assurée que par des croisements entre des individus différents.

Une théorie comme celle-là ne peut naturellement être prouvée que par l'examen direct des faits ; et les faits, lorsqu'il s'agit de fécondation, sont des plus minutieux et demandent des observations tout particulièrement ingénieuses et patientes. Plusieurs savants se sont mis à la brèche, et nous possédons une jolie collection de mémoires spéciaux dont les conclusions forment déjà une base solide aux idées théoriques. Du reste, si les observateurs ont dû faire preuve de longue patience, la récompense les attendait au bout. Rien n'est plus curieux que les détails d'organisation par lesquels la fécondation spontanée en apparence si facile, est rendue inutile et souvent impossible. Les études de M. Darwin lui-même sur la fécondation des Orchidées, sur le dimorphisme de la primevère, sur le trimorphisme du Lythrum salicaria sont bien connues. Il a trouvé des imitateurs dans MM. Hildebrandt et Delpino. Tous deux ont publié de nombreux mémoires tantôt étudiant à fond tous les détails de la fécondation dans une certaine plante ou dans une famille, tantôt poursuivant à travers le règne végétal un certain type de fécondation et le signalant partout où il se manifeste. M. Hildebrandt [1] a en outre réuni, il y a déjà quelque temps, toutes les données que nous possédons sur le sujet et a cherché à les grouper méthodiquement. La conclusion parfaitement uniforme de tous ces travaux est que chez la très-grande majorité, sinon chez la totalité des plantes,

[1] Die Geschlechter-Vertheilung bei den Pflanzen. Leipzig, 1867.

la fécondation directe et spontanée est impossible et qu'il y faut toujours l'intervention des insectes.

Dans une foule de cas, l'épanouissement du stigmate n'a pas lieu en même temps que l'ouverture des étamines; les fleurs sont ce qu'on a appelé « dichogames » et peuvent être protandriques ou protogyniques.

Les premières sont les plus fréquentes; des familles entières et des plus importantes rentrent dans cette catégorie, les Labiées, les Scrophulariacées, les Composées, les Campanulacées. Ici le rôle des insectes est bien évidemment nécessaire et il est facilité par des détails d'organisation des plus variés. Par exemple, dans tout l'immense groupe des Composées [1], les cinq étamines ont les anthères soudées en un cylindre qui enveloppe le pistil; elles s'ouvrent et laissent échapper le pollen avant que le style se soit allongé. Celui-ci porte au-dessous du stigmate, un certain nombre de poils raides qui retiennent les grains de pollen et les entraînent dans leur mouvement d'ascension au moment de l'allongement du style. Le pollen ainsi entraîné hors du cylindre des anthères est récolté par les insectes et transporté sur des fleurs dont le stigmate est déjà épanoui.

Chez les Campanulacées [2], Lobéliacées, etc., le système est le même, seulement les appendices destinés à retenir le pollen sur le style offrent une forme très-variable.

Dans l'universalité du groupe des Labiées Scrophula-

[1] Ueber die Geschlechtsverhältnisse bei den Compositen. — Acta Leop. Carol. vol. XXV, 1869, et Bot. Zeitung, 1870, n° 30.

[2] Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. Atti della Società italiana di scienze naturali, vol. XI et XII, et Botan. Zeit., 1870, n°s 37-42.

riacées [1], l'axe de la fleur est horizontal et les étamines sont rapprochées sous la lèvre supérieure de la corolle; les insectes en passant les écartent, les secouent, en font tomber le pollen et vont le transporter sur une fleur plus avancée. Dans certains genres, les étamines seules se présentent sur la route de l'insecte, qui cherche toujours le fond de la fleur, où sont les nectaires; plus tard, elles se recourbent en dehors, le style s'allonge à son tour, vient prendre leur place, et son extrémité recourbée caresse le corps de l'insecte chargé de pollen.

Chez certaines plantes où l'épanouissement des organes reproducteurs est simultané, le rôle des insectes n'en est pas moins réservé. En leur absence, la fécondation spontanée, qui paraît cependant inévitable, ne produit pas ou fort peu d'effet. Telles sont, par exemple, beaucoup de Légumineuses [2], chez lesquelles les étamines et le pistil sont enfermés dans la carène, dans un voisinage très-immédiat. Les insectes, en allant récolter le nectar, touchent le dos de la carène, celle-ci se rejette brusquement en arrière, l'insecte reçoit quelques grains de pollen et les transporte dans la fleur voisine. Sans cette intervention, il n'y a souvent pas une seule graine de produite.

La famille des Fumariacées, récemment étudiée par M. Hildebrandt [3], nous offre un exemple tout à fait analogue. Les étamines et le pistil sont étroitement enfermés entre les deux pétales et semblent soustraits à toute action

[1] Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. Atti della Società italiana di Scienze naturali, vol. XI et XII, et Botan. Zeit., 1870, nos 37-42.

[2] Ibid.

[3] Bestäubungsvorrichtungen bei den Fumariaceen. Pringsh. Jahrb., VII, p. 423.

extérieure. Mais la base des pétales prolongée en éperon offre une abondante provision de nectar. Pour y atteindre, l'insecte doit passer entre les deux pétales, dont la partie supérieure, portée sur une sorte de charnière, s'écarte aisément. Il se charge ainsi de pollen.

Enfin, quelques fleurs sont polymorphes. On désigne sous ce nom les espèces chez lesquelles le stigmate et les étamines placés dans la corolle à des hauteurs différentes n'occupent pas toujours la même position respective. Chez certains individus, le stigmate porté sur un long pistil, dépasse plus ou moins la corolle, tandis que les étamines restent très-courtes; chez d'autres, ce sont les étamines qui s'élèvent et le pistil qui reste court.

M. Darwin [1] a le premier étudié cette particularité chez la primevère et le Lythrum. M. Hildebrandt a depuis lors observé un grand nombre de fleurs polymorphes. Mieux que toutes les autres, elles font ressortir la nécessité des croisements. En effet, un pistil n'est fécondable que par les étamines qui se sont développées à la même hauteur que lui, relativement à la corolle, par conséquent nécessairement dans une autre fleur. Les chiffres sur ce sujet parlent plus éloquemment que tout le reste. En expérimentant sur un Oxalis trimorphe, M. Hildebrandt [2] a obtenu les résultats suivants :

28 fleurs à long style fécondées avec du pollen des fleurs à longues étamines, produisirent 28 capsules, contenant chacune 11,9 graines fertiles en moyenne.

23 fleurs à long style fécondées avec du pollen d'étamines moyennes, produisirent 2 capsules qui ne donnèrent ensemble qu'une seule graine.

[1] Dimorphism in Primula. Lin. Soc. Jour. VI, 1862. — Hétéromorphisme et ses conséquences. — *Ann. Sc. nat.*, 1843, tome XIX.

[2] Botan. Zeitung, 1871, nos 26 et 27.

14 fleurs à long style, fécondées avec du pollen d'étamines courtes, ne produisirent aucune capsule.

38 fleurs à style moyen, fécondées avec du pollen d'étamines moyennes, produisirent 38 capsules contenant en moyenne 11,3 graines.

Les autres chiffres correspondent tout à fait à ceux qui précèdent; mais ceux-ci suffisent pour bien faire apprécier comment les choses se passent.

Il est également inutile de prolonger davantage les extraits de ces travaux; ce que nous avons dit est suffisant pour montrer leur caractère général et pour faire apprécier l'importance des résultats déjà obtenus.

Nous terminons ici cette revue rapide et nécessairement incomplète. Mais la quantité de matériaux est considérable, les sujets traités sont très-variés, et il est bien difficile de tout faire rentrer dans le cadre d'un seul travail. Nous espérons, dans une autre occasion, pouvoir compléter ce qui manque ici.

Marc MICHELI.

Juillet 1871.

L'ÉTAGE TITHONIQUE

A LÉMENC (SAVOIE)

PAR

M. PILLET

Conservateur du Musée géologique de Chambéry [1].

A la porte de Chambéry, l'étude des terrains de la colline de Lémenc présente un grand intérêt. Les *Terebratula janitor* et *diphya,* qu'on y a recueillies à deux niveaux bien distincts, nous fournissent un enseignement précieux pour la solution de questions très-controversées aujourd'hui. Qui sait même si nous n'y trouverions pas

[1] La notice que nous publions ici pourra paraître un peu spéciale pour le cadre des *Archives;* mais on y trouvera quelques faits d'un haut intérêt liés de près soit avec les articles que nous avons insérés sur les limites de la période jurassique et de la période crétacée, soit avec l'intéressant travail de M. Ernest Favre sur les Alpes de Fribourg. Elle est donc, en quelque sorte, la continuation de ces discussions, et sa place dans notre recueil nous a paru tout à fait désignée.

Je n'ai pas voulu modifier le titre que lui a donné M. Pillet, quoique pour moi le mot de *tithonique* représente une idée complexe et ne puisse guère être conservé. Son emploi est du reste mieux justifié dans cette occasion que dans aucune autre, car, comme on le verra, le principal intérêt des découvertes de M. Pillet est de réunir dans une même coupe les deux étages auxquels on a donné les noms de tithonique inférieur et de tithonique supérieur, en fournissant des arguments intéressants pour les faire considérer comme faisant partie d'un même tout.

Je dois ajouter que sauf une certaine collaboration de ma part pour la détermination des fossiles, tous les faits relatés ont été exclusivement observés par M. Pillet et qu'il a seul la responsabilité des idées émises. F.-J. P.

des données qu'on est allé chercher vainement jusque dans les Carpathes, à Stramberg et à Rogoznik.

Commençons par une description succincte de la localité.

Mais auparavant, je dois payer un juste tribu de reconnaissance à M. le professeur Pictet, à qui revient en réalité tout le mérite de cette observation. C'est lui qui, dans ses *Mélanges paléontologiques* (*Étude provisoire des fossiles de la Porte-de-France, d'Aisy et de Lémenc*, Genève, 1868), a constaté l'identité des fossiles de notre couche supérieure avec ceux du célèbre tithonique de Stramberg. C'est lui encore qui vient d'étudier les fossiles de notre couche moyenne et de signaler leurs rapports avec ceux de Rogoznik. Je dois aussi remercier M. de Loriol qui a bien voulu se charger de déterminer les échinodermes.

I. — En sortant de Chambéry par la route d'Aix, on rencontre, à un kilomètre de la ville, de grandes carrières de pierres à bâtir. C'est au bas de la carrière supérieure, au point où la route tourne au nord, que se trouve une assise marneuse, riche en fossiles, qui me servira de point de départ pour cette étude.

Elle est caractérisée par les fossiles suivants :

Belemnites hastatus, Blainv.
Ammonites tenuilobatus, Quenst.
» *flexuosus*, Munst. (oculatus, d'Orb.)
» *Doublieri*, d'Orb.
» *Frotho*, Oppel.
» *Fialar*, Oppel.
» *iphicerus*, Oppel.

Ammonites virgulatus, Quenst.
» *plicatilis*, Sow.
» *crenatus*, Brug.
Aptychus du groupe du *latus*, Voltz.
» » de l'*imbricatus*, von Meyer.
Nerita jurensis, Rœm.
Isoarca texata, Rœm.
Hinnites velatus, Goldf.
Rhynchonella lacunosa, Schlot.
» var. *arolica*, Schlot.
Terebratula bisuffarcinata, Schlot.
Collyrites carinata, Desor.
Holectypus depressus, var. *Meriani*, Desor.

Quel que soit le système de classification des terrains qu'on ait adopté, il est impossible de ne pas reconnaître à ces traits un des groupes du terrain jurassique supérieur, celui qui a été désigné sous le nom de l'*Amm. tenuilobatus*. Nous reviendrons bientôt sur cet étage, pour fixer sa place dans la série géologique.

A partir du niveau de la route, ce premier massif s'élève verticalement sur une hauteur de 48^{m} en couches plus ou moins épaisses, plus ou moins compactes, mais sans différences bien sensibles soit dans les caractères physiques de la roche, soit dans les fossiles.

II. — A ce niveau, on trouve des assises très-puissantes, d'un roc dur, cassant, d'un gris plus clair que les précédentes. Ce sont les couches qui dominent les carrières de Lémenc et viennent par une pente douce se perdre sous les dernières maisons du faubourg du Reclus, à Chambéry.

Ces couches massives sont surmontées par d'autres plus minces, entremêlées de marnes et de dolomies. Le point le plus favorable pour les étudier, est auprès d'une petite chapelle qui domine Lémenc, et qui est connue sous le nom de *Calvaire;* c'est là que j'ai recueilli les fossiles ci-après, qui me paraissent ne pas laisser de doute sur l'identité de ces couches avec celle qui, dans les Carpathes, porte le nom de couche de Rogoznik, et caractérise le tithonique inférieur des auteurs allemands.

1° Espèces considérées jusqu'à présent comme spéciales à l'étage tithonique inférieur :

Terebratula diphya F. C., variété à branches disjointes.
» *carpathica,* Zittel.
Belemnites identique à celle que Zittel figure pl. 25 sous le nom de *Conf*. *semisulcatus*
Ammonites (*Oppelia*) *Hæberlini,* Oppel.
» (*Oppelia*) *lithographica,* Oppel.
» (*Perisphinctes*) *transitorius,* Oppel.
Aptychus lisse, voisin de celui des Voirons.

2° Espèces communes au tithonique inférieur et au supérieur :

Ammonites (*Phylloceras*) *Kochi,* Oppel.
» (*Phylloceras*) *silesiacus,* Oppel.
» (*Aspidoceras*) *cyclotus,* Oppel.
» (*Lytoceras*) *quadrisulcatus,* d'Orb.
» (*Haploceras*) *carachteis,* Zeuschn.
» (*Haploceras*) *Stazyscii,* Zeuschn.
» (*Perisphinctes*) *contiguus,* Catullo.
Aptychus punctatus, Voltz.

3° Espèce d'âge incertain et qui n'a encore été trouvée que dans des blocs hors de place :

Ammonites zonarius, Oppel.

L'ensemble de ce second massif, depuis la base des grands rochers jusqu'à la couche à *Terebratula diphya* est de 32^{m}.

III. — Immédiatement au-dessus de cette couche et en contact avec elle, la faune semble changer. Des récifs de coraux sont dispersés dans le calcaire, comme ils étaient probablement disséminés dans les mers de cette époque. C'est autour de ces récifs que les fossiles sont plus abondants. Dans une vigne qui a été nouvellement plantée, tout au sommet de la colline, à 40^{m} plus haut, et que j'appelle *Vigne Droguet*, j'ai trouvé un grand nombre de fossiles dont la liste générale a été donnée par M. Pictet dans la 4me livraison des *Mélanges paléontologiques*, p. 300. Nous reproduisons ici en partie cette liste ; mais nous devons faire remarquer que depuis la publication du grand ouvrage de M. Zittel, les opinions se sont modifiées sur les limites des espèces, et qu'il y aura quelquelques modifications à introduire. Ainsi :

Le *Bel. latus* de la liste est peut-être l'*ensifer*, Oppel.
Orbignyanus » le *conophorus*, Opp.
Minaret » le *semisulcatus*, Munst.

Les autres espèces citées sont :

Belemnites Pilleti, Pictet.
Ammonites Calisto, d'Orb.
Lima Lemensis, Pictet.
Pecten subspinosus, Quenst.
Hinnites aculeiferus, Quenst.

Terebratula Euthymi, Pictet.
» *moravica*, Glock.
Megerlea pectunculoides, d'Orb.
» *Loryi*, Pictet.
Peltastes Valleti, de Loriol.
Glypticus Loryi, de Loriol.
Rabdocidaris caprimontana, Desor.
Cidaris Blumenbachii, Munst.
» *glandifera*, Goldf.
Eugeniacrinus Heberti, de Loriol.
Millericrinus et *Pentacrinus*.

MM. Cotteau et de Loriol ont récemment constaté l'existence des espèces suivantes :

Cidaris coronata, Goldf.
» *Pilleti*, nov. sp.
Collyrites carinata, Desm.

Un nombre considérable de zoophytes et de spongiaires n'ont pas été encore déterminés.

Mais ce qui augmente encore l'intérêt de cette localité, c'est qu'en contact avec la faune corallienne, dans la roche encaissante, j'ai recueilli un fort bel échantillon de la *Terebratula janitor* [1].

[1] Cette découverte de M. Pillet est d'une haute importance pour la solution de la question, car dans les listes de fossiles reproduites ci-dessus, il n'y avait guère que l'*Ammonites Calisto* qui fut un fossile exclusivement caractéristique du calcaire de Stramberg. C'était une preuve à peine suffisante pour établir que tout le haut de la coupe de Lémenc appartient bien au tithonique *supérieur* et n'est pas une simple continuation de l'inférieur. Depuis lors M. le professeur Zittel, qui a bien voulu examiner cette série avec moi, y a reconnu la *Terebratulina latirostris*, Suess, et diverses espèces encore inédites qui jusqu'à présent paraissent caractériser exclusivement le tithonique supé-

La roche encaissante, en ce point, est un calcaire blanc, esquilleux, friable, composé de débris microscopiques de foraminifères. Il se continue plus haut, sur une épaisseur que je ne saurais apprécier, et vers le niveau de l'église de Bassens passe à un calcaire marneux qui a toutes les apparences des marnes de Berrias.

IV. — Ainsi nous avons à Lémenc trois étages bien nettement caractérisés :

A la base, la couche *Amm. tenuilobatus* : 48^{m}.

Vers le milieu, la couche de Rogoznik à *Terebr. diphya*, 32^{m}.

Au sommet, la couche de Stramberg, avec *Terebr. janitor*, 40^{m}.

Remarquons que cette succession s'observe sur une même coupe presque verticale, où il est impossible de supposer ni faille, ni renversement.

Les couches plongent uniformément au sud et au sud-sud-est. Elles font partie d'un chaînon détaché de la base de Nivolet, et fermant au sud le bassin de Chambéry, chaînon qui a été seulement entaillé par le défilé ouvert entre ce bassin et celui de l'Isère.

Reprenons maintenant en détail chacun de ces trois étages, et cherchons, au moyen de rapprochements avec les contrées voisines, à assigner leur place dans la classification géologique.

V. — Dans la couche à *Amm. tenuilobatus*, nous reconnaîtrons une formation de haute mer, où dominent les

rieur. Il restera encore à savoir si la *Terebratula* perforée est bien la *janitor*. Je n'ai aucun motif de défiance à ce sujet, mais nous ne l'avons pas vue, ni M. Zittel ni moi. F.-J. P.

céphalopodes, où, par contre, font défaut les polypiers, les crinoïdes et tous les hôtes des stations littorales.

Les bélemnites, les ammonites, qui ont été décrites par d'Orbigny et par les auteurs français, ont été par eux rapportées à l'oxfordien, surtout les espèces qui y sont les plus répandues : *Amm. plicatilis, — oculatus, — iphicerus, — crenatus, — Belemn. hastatus.*

Et de fait, quand on examine le kimméridien de l'Angleterre, du nord de la France, et de Boulogne-sur-Mer, il est impossible d'entrevoir le moindre rapport entre ses nombreux et splendides fossiles et ceux de nos couches à *Amm. tenuilobatus.*

La différence est bien plus saisissante encore si nous prenons nos types du kimméridien plus près de nous, à Morestel dans l'Isère, à Cirins dans l'Ain, et à la Dorche, près de Bellegarde, la station la plus rapprochée de Chambéry que je connaisse. Partout le kimméridien est représenté par des schistes marneux, avec empreintes de feuilles de zamia, toujours caractérisés par l'*Ostrea virgula.*

Pour la nature de la roche, comme pour ses fossiles, le disparate ne saurait être plus complet.

Il est d'ailleurs un fait qui tranche irrévocablement toute discussion : S'il est vrai que nous trouvions dans les assises supérieures l'étage *corallien*, il devient impossible de supposer ici un représentant du kimméridien. Nous n'avons plus que deux alternatives : ou de le classer dans l'oxfordien, avec la plupart des géologues, ou bien de le rapporter à la base du terrain corallien, ce que personne n'a jamais proposé.

VI. — L'étage qui vient au-dessus des carrières présente des difficultés bien plus sérieuses : c'est celui qui

contient, dans le haut, les fossiles de la station classique de Rogoznik.

Hohenegger, Fallaux, qui ont les premiers décrit cette dernière station, n'ont pas hésité à la rapporter au jurassique supérieur, au niveau de Natheim des assises ε et ζ de Quenstedt.

M. Zeuschner, plus circonspect, n'a pas vu dans la région des Carpathes la possibilité d'assigner à Rogoznick sa vraie place dans la série ; « ce n'est que *dans le midi* « *de la France,* dit-il, qu'on pourra décider si les couches « de Rogoznick appartiennent à la partie inférieure du « terrain crétacé ou la partie supérieure du terrain ju- « rassique. » (Hébert, Soc. géol. de France, séance du 1er mars 1869.)

M. Oppel semblait devoir faire disparaître ces doutes en créant son étage *tithonique,* intermédiaire entre le jurassique et le crétacé, et dans lequel les fossiles des deux âges se trouvent confondus. Aussi est-ce dans le *tithonique* que la nouvelle école allemande s'accorde à classer aujourd'hui les couches de Stramberg comme celles de Rogoznick.

Toutefois, M. Zittel, de Munich, le principal représentant de cette école, semble admettre que cette dernière station, placée aux confins du pur jurassique, a bien plus d'affinités avec lui qu'avec le crétacé.

Au contraire, M. Hébert, le savant professeur de la Sorbonne, soutient que les calcaires de Rogoznik, comme tous ceux qui contiennent la *Terebratula diphya,* sont crétacés et exclusivement crétacés.

En présence de ce dédale d'opinions disparates, voyons si notre station de Lémenc ne pourrait pas jeter quelque lueur, et si ce ne serait point cette *station du midi de la*

France appelée, suivant M. Zeuschner, à résoudre le problème.

Disons d'abord qu'entre la couche à *Amm. tenuilobatus* et le calcaire à *Terebr. diphya* de Lémenc, la transition est insensible. Plusieurs des fossiles de cette dernière se rencontraient déjà avec l'*Amm. tenuilobatus* ; il est impossible de méconnaître le caractère jurassique des fossiles contenus dans un calcaire marneux placé à la base des couches à *T. diphya* et constituant le commencement de cette importante formation.

Mais ce qui, à nos yeux, doit trancher la question, c'est qu'immédiatement au-dessus de la couche à *Terebr. diphya*, vient un récif de polypiers qui a tous les caractères du vrai corallien. Quoiqu'il soit moins épais et moins riche que celui qui occupe le sommet de la colline, à la *Vigne Droguet*, on voit néanmoins que les espèces caractéristiques y sont les mêmes :

Cidaris glandifera.
Rabdocidaris.
Eugeniacrinus.
Polypiers et *Spongiaires.*

Au-dessus de cet écueil, qui n'a pas plus de trois mètres d'épaisseur, la roche redevient brune ; coupée par des feuillets de graphite, elle contient de nombreux aptychus, quelques *Amm. plicatilis.* Parmi les bélemnites, j'ai recueilli la *Bel. Pilleti*, qui est caractéristique de la station supérieure.

Ce n'est qu'à dix mètres plus haut que la roche passe à cette texture esquilleuse, à cette teinte blanche, qui semble la rapprocher du *facies* corallien, et qui se continue dans le haut jusqu'au contact des marnes de Berrias.

De ces faits, nous sommes autorisés à conclure que, pour la station Lémenc, il n'y a aucun passage, aucun mélange de fossiles entre la couche à *Terebr. diphya* et le néocomien. Il n'y a qu'un étage jurassique, intermédiaire entre l'oxfordien et le corallien, et recouvert par de puissantes assises coralliennes.

VII. — En effet, plus on examine de près les fossiles recueillis dans ce troisième étage, autour du récif de la *Vigne Droguet*, au sommet de la colline de Lémenc, plus on demeure convaincu du type *corallien* de cette station.

Dans ses *Mélanges paléontologiques*, 4me livraison, *étude provisoire des fossiles de la Porte de France, d'Aisy et de Lémenc*, publiés en 1848, M. le professeur Pictet avait déjà classé une partie des fossiles de Lémenc dans le jurassique, tout en constatant leur association avec des espèces néocomiennes.

VIII. — RÉSUMÉ. Si nous nous bornons à apprécier les faits qui se révèlent à Lémenc, nous arrivons aux conclusions suivantes :

1° La couche à *Amm. tenuilobatus* doit être tenue pour jurassique et oxfordienne.

2° Immédiatement au-dessus apparaît le groupe de Rogoznick à *Terebr. diphya*, qui paraît correspondre à la base du corallien (tithonique inférieur des auteurs allemands).

3° Au-dessus vient le terrain *tithonique* à *Terebr. janitor*, correspondant au corallien supérieur, avec passage au terrain néocomien et mélangé des fossiles des deux époques.

Nous ne sommes plus au temps où l'on admettait des

créations et destructions instantanées, comme par un coup de baguette magique, ou par un *fiat* du suprême Créateur. On a vu trop clairement, aux limites des deux âges, les populations anciennes s'éteindre graduellement et faire place à des espèces nouvelles, dont l'arrivée est encore et sera peut-être toujours une énigme.

A côté de ce phénomène, qui est déjà un fait acquis dans la science géologique, il en est un autre qui n'a pas été encore assez étudié et qui semble être la conséquence rationnelle du premier. C'est l'apparition des êtres nouveaux dans une région géographique déterminée, d'où ils se sont peu à peu répandus, se sont mêlés aux anciens habitants et ont fini par les supplanter. Il en aurait été des espèces animales successives comme des grandes races qui ont peuplé nos continents, et dont l'histoire nous est enseignée par la science ethnologique.

Aussi ne faut-il point s'étonner si, en donnant la série des fossiles à Lémenc, nous ne trouvons pas toujours les mêmes proportions que dans les Carpathes entre les espèces jurassiques et néocomiennes. Il n'en résultera point que l'étude faite ici, à Stramberg ou ailleurs, soit fausse; ce sera seulement un trait de l'immense tableau qui s'est déroulé sur le globe entier durant la série des siècles, tableau dont chaque jour nous révèle un nouveau détail, sans que la vie de l'humanité tout entière parvienne à en dévoiler tous les mystères.

Chambéry, 28 juillet 1871.

RECHERCHES

SUR LA

VITESSE DE PROPAGATION DES ONDES

DANS LES MILIEUX ÉLASTIQUES

PAR

M. V. REGNAULT

(*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome XXXVII, 1868[1]).

La théorie de l'élasticité a conduit à exprimer la vitesse de propagation d'une onde dans un gaz par la formule

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}}$$

dans laquelle e représente la force élastique du gaz rapportée à l'unité de surface et d la masse de ce gaz rapportée à l'unité de volume.

Si l'on désigne par H la hauteur barométrique équivalant à la force élastique du gaz, par t la température de celui-ci, par a son coefficient de dilatation, par b son poids spécifique à 0° et $0^m,760$, par β le poids spécifique du mercure, et par g la gravité, on a :

$$e = H\beta; \qquad d = \frac{b}{g} \cdot \frac{H}{0,760} \cdot \frac{1}{1+at}$$

et la formule de la vitesse devient :

$$V = \sqrt{\frac{g\beta}{b}\, 0,760.(1+at)}$$

[1] Ce volume est entièrement rempli par deux beaux mémoires de M. Regnault, faisant suite à ses précédentes recherches sur les gaz et les vapeurs (*Mémoires de l'Acad. des Sciences*, t. XXI et XXVI). Nous donnons aujourd'hui l'analyse de la première de ces publications qui traite de la vitesse du son. La seconde, consacrée à l'étude de la détente des gaz, sera l'objet d'un prochain article.

Cette formule appliquée à l'air atmosphérique donne un chiffre sensiblement inférieur à la vitesse trouvée expérimentalement pour la propagation du son. Cet écart vient de ce qu'elle ne tient pas compte des conséquences thermiques qu'entraînent les variations de force élastique constituant la transmission de l'onde. Quand une certaine quantité de gaz, supposé parfait, passe sans addition ni soustraction de chaleur du volume v et de la pression e au volume v_1 et à la pression e_1, sa température varie et la modification qu'il éprouve est régie par la relation $\frac{e}{e_1}=\left(\frac{v_1}{v}\right)^\gamma$ dans laquelle γ représente le rapport entre les chaleurs spécifiques du gaz à pression constante et à volume constant. Dans la transmission des ondes, les variations peuvent, vu leur rapidité, être considérées comme se passant sans addition ni soustraction de chaleur ; elles sont donc soumises à la relation ci-dessus. Il en résulte qu'il existe entre les deux ondes, dilatée et condensée, qui se suivent, une plus grande différence de pression que si cette variation s'effectuait à température constante et d'après la loi de Mariotte. Mais cette plus grande différence de pression doit avoir pour conséquence une plus grande vitesse de propagation des ondes : de là l'écart entre les formules ci-dessus et l'expérience.

En tenant compte, dans l'analyse, du phénomène thermique qui vient d'être énoncé, Laplace est arrivé à une formule qui consiste à multiplier par γ la quantité placée sous le radical. Cette correction n'a évidemment de l'utilité qu'autant que l'on pourrait connaître avec une certaine exactitude les chaleurs spécifiques dont γ exprime le rapport.

Mais la formule de Laplace ne constitue qu'une correction approximative.

Désignons par v le volume, par unité de poids, qui caractérise le gaz à l'état statique, et par Δv la variation que cette grandeur éprouve par le fait de la contraction ou de la dilatation dans la production et la transmission de l'onde. Si l'on représente par

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}(1+k)}$$

la véritable vitesse, et si l'on cherche la valeur du terme correctif k, on arrive à exprimer $1+k$ par la quantité γ suivie d'une série indéfinie dont les termes sont les produits des puissances successives de $\frac{\Delta v}{v}$ par des coefficients positifs, et dans laquelle Δv est toujours censé affecté du signe $+$. $\frac{\Delta v}{v}$, qui représente l'intensité de l'onde, est assurément une quantité assez petite pour qu'on puisse sans erreur en négliger le carré et les puissances subséquentes. En s'en tenant à la première puissance on a :

$$1+k = \gamma + \left(\frac{\gamma(\gamma+1)}{2} - 1\right)\frac{\Delta v}{v}.$$

Si l'on néglige $\frac{\Delta v}{v}$, on a simplement $1+k=\gamma$ et on retombe sur la formule de Laplace

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}\gamma}.$$

Il résulte de ce qui précède que la vitesse de propagation d'une onde doit augmenter et diminuer avec l'intensité de celle-ci, et que, si cette intensité est supposée diminuer indéfiniment, la vitesse doit tendre vers une limite inférieure représentée par la formule de Laplace.

Soit qu'on envisage la formule complète, soit qu'on s'en tienne à la formule approchée, la vitesse de l'onde dans un même gaz, à température égale, doit être indépendante de sa force élastique, attendu que le rapport $\frac{e}{d}$ est constant et qu'effectivement H ne figure pas dans l'expression transformée de ce rapport.

Si on envisage deux gaz différents ayant pour masses spécifiques d et d', et si on appelle V et V' les vitesses respectives de l'onde dans ces deux gaz pris à températures et à pressions égales, on doit avoir, en supposant γ identique pour tous les gaz,

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{d}{d'}}.$$

Si le gaz auquel les quantités V et d se rapportent est l'air, et si on désigne par δ la densité de l'autre gaz rapportée à l'air, cette relation s'écrira :

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{1}{\delta}}.$$

Voilà les déductions théoriques pour lesquelles une vérification expérimentale était désirable. En poursuivant ce but, il importait de ne pas perdre de vue que les déductions à vérifier reposent toutes sur la loi de Mariotte et sur la loi exprimée par la relation $\frac{e}{e_1} = \left(\frac{v_1}{v}\right)^{\gamma}$, et que les gaz, n'étant pas doués d'une élasticité parfaite, s'écartent tous de ces deux lois d'une manière plus ou moins sensible.

La vérification dont il s'agit a été l'objet de nombreuses expériences qui remontent à l'année 1862, et

qui sont rapportées en détail dans le Mémoire que nous analysons.

Elles ont porté sur la propagation des ondes dans les tuyaux de conduite, et sur leur propagation dans l'air libre.

Expériences sur la propagation dans les tuyaux de conduite.

Une onde produite à l'extrémité d'une conduite, sphérique à son point de départ, peut être considérée comme plane quand elle a atteint une faible distance de son origine. Si la section de la conduite est constante, l'onde peut être envisagée théoriquement comme se propageant dans la conduite avec une intensité invariable. Mais le frottement de l'air contre la paroi de la conduite doit donner lieu à une perte de force vive et par conséquent à une diminution progressive de l'intensité. A plus forte raison une diminution d'intensité doit avoir lieu toutes les fois que l'onde rencontre une paroi sur laquelle elle se réfléchit et qui l'oblige à rétrograder vers son origine.

M. Regnault a pu faire mettre à sa disposition, pour ses expériences, diverses conduites construites par la ville de Paris pour la distribution du gaz ou de l'eau. Toutes étaient formées de tuyaux de fonte réunis bout à bout, sans emboitement, et joints par le moyen d'un manchon ou d'un collier avec interposition d'un anneau de plomb ou de caoutchouc. Ce genre de joint ne produit dans la surface interne qu'une irrégularité relativement très-faible.

Production de l'onde. — Les divers moyens employés ont été les suivants :

1° L'entrée de la conduite est fermée par un tampon

dans le centre duquel on introduit à frottement juste le canon d'un pistolet qui est plus ou moins chargé de poudre et dont on fait partir le coup.

2° On introduit dans le tampon une étoupille chargée de fulminate, qu'on enflamme par l'étincelle électrique. Ces deux procédés donnent lieu à une onde intense, mais peu régulière à son origine.

3° On introduit dans le tampon un ballon en verre mince, contenant 50 centimètres cubes d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène auquel on met le feu par l'étincelle électrique, et qui produit ainsi une onde sphérique assez régulière.

4° Sur l'entrée de la conduite on boulonne une plaque pourvue d'un robinet sur lequel on visse un réservoir plein d'air comprimé. Avec une clef on ouvre et referme instantanément le robinet.

5° Sur l'entrée de la conduite on boulonne un cylindre de même calibre dont la section est occupée par un piston dit piston frappeur. On fait reculer ce piston de 5, 10, 15 ou 20^{mm}, en agissant contre un ressort très-fortement tendu. Pour produire l'onde on abandonne le piston à lui-même et le ressort le ramène instantanément à la position primitive. On obtient ainsi une onde peu intense, mais plane et régulière.

Constatation de l'arrivée de l'onde. — L'extrémité opposée de la conduite est fermée par une plaque métallique dont le milieu est occupé par une membrane de caoutchouc peu vulcanisé, de diamètres et de tensions diverses. L'arrivée de l'onde produit une légère distension de la membrane vers le dehors. Ces membranes peuvent accuser des ondes trop faibles pour être perçues par l'oreille.

Si la conduite est longue, l'expérimentateur a le temps d'enlever à l'entrée l'appareil producteur de l'onde et de le remplacer par l'appareil récepteur. Il peut ainsi observer le retour de l'onde à son point de départ.

Détermination exacte du départ et de l'arrivée de l'onde. — Elle se fait au moyen d'un circuit électrique disposé de manière à être interrompu à l'instant où l'onde est produite et à être rétabli pendant un temps extrêmement court chaque fois que l'onde atteint une membrane réceptrice.

Le mode de rupture du circuit au départ de l'onde varie avec le mode de production de celle-ci. Les plus usités ont pour type celui qui accompagne l'emploi du pistolet à poudre. Le fil conducteur est tendu sur la bouche du canon : quand le coup part, la bourre fait sauter le fil et le circuit se trouve rompu.

La membrane réceptrice porte en son milieu, et du côté extérieur, un bouton métallique plat réuni par soudure à une partie des conducteurs du circuit. En face du bouton et à une très-petite distance se trouve un butoir métallique qui est terminé en pointe mousse et qui appartient à une autre partie des conducteurs. A l'état de repos le bouton et le butoir sont écartés et le courant ne passe pas. Mais, lorsque la membrane est distendue par l'onde, le bouton vient se mettre en contact avec la pointe mousse du butoir, et le courant se trouve rétabli pendant la durée très-courte de ce contact.

On conçoit que la distance entre le bouton et le butoir exerce une grande influence sur la sensibilité de l'appareil. La meilleure distance paraît être un demi-millimètre.

Enregistrement des observations. — L'appareil em-

ployé par M. Regnault est disposé de manière à enregistrer simultanément les interruptions et rétablissements du circuit dont il vient d'être question, et les intervalles de temps qui s'écoulent entre ces phénomènes. Voici sommairement en quoi il consiste :

Une bande de papier noirci au noir de fumée est déroulée progressivement (par l'action d'un moteur électromagnétique) de manière à passer sur un tambour avec lequel elle est en contact par la face non noircie. Dans le circuit télégraphique, qui sert à accuser le départ et l'arrivée de l'onde, se trouve comprise l'hélice d'un électro-aimant. Près de celui-ci se trouve un levier coudé, terminé d'une part par une pièce de fer, d'autre part par une pointe qui s'appuie sur le tambour à l'endroit où la bande passe sur celui-ci. Quand le circuit est établi, l'électro-aimant fonctionne et fait basculer le levier dont la pointe trace sur la bande une ligne droite parallèle à ses bords; quand le circuit est rompu et que l'électro-aimant devient inerte, le levier revient par l'action d'un élastique à sa position primitive et alors la pointe trace sur la bande une autre ligne droite parallèle à la première mais située à quelque distance.

Une pendule battant la demi-seconde est en relation avec un circuit électrique par l'intermédiaire d'un commutateur organisé de manière à ce que, sur deux demi-oscillations consécutives (en appelant ainsi le passage d'une des positions extrêmes à l'autre), le courant soit arrêté pendant l'une et rétabli pendant l'autre. Ce courant gouverne un appareil enregistreur absolument identique à celui qui est affecté à l'enregistrement de l'onde. Les oscillations du pendule se traduisent ainsi, sur la même bande noircie, mais vers l'autre bord, par une sé-

rie de longs traits rectilignes et égaux, situés alternativement sur deux droites voisines, parallèles entre elles et avec le bord de la bande, et chacun de ces traits équivaut à une demi-seconde.

La grandeur de la vitesse qu'il s'agissait de déterminer rendait nécessaire l'évaluation exacte de petites subdivisions de la seconde. Il eût été très-laborieux de faire géométriquement sur les bandes la division des traits qui représentent les oscillations du pendule, et de plus ce procédé aurait pu être entaché d'inexactitude par suite des irrégularités possibles dans la marche du moteur qui déroule la bande de papier. M. Regnault a évité ce double écueil par une méthode ingénieuse qui consiste à enregistrer sur cette même bande (entre le tracé relatif aux ondes et le tracé relatif au pendule) les vibrations isochromes d'un diapason. Ces vibrations sont réalisées par l'emploi d'un courant électrique [1] et d'un électro-aimant, lequel, par ses aimantations et désaimantations successives, obtenues au moyen d'un interrupteur à mercure, attire et abandonne alternativement une des branches du diapason. Cette branche se termine par un marqueur qui s'appuie sur la bande de papier dans l'intervalle existant entre les deux autres marqueurs.

Le diapason était en général ajusté de manière à faire 50 à 51 vibrations entières par seconde. Du reste, il n'était pas possible de réaliser et il n'était pas nécessaire que la vibration du diapason durât une aliquote exacte de la seconde.

[1] L'appareil d'expérimentation comprenait donc quatre piles distinctes : une pour le circuit télégraphique indicateur des ondes, une pour le pendule, une pour le diapason, enfin une pour le moteur électro-magnétique.

Calcul des expériences. — La lecture des bandes donnait directement :

1° Le nombre N des vibrations du diapason qui se trouvent inscrites entre la marque du départ de l'onde et la marque de son arrivée à la membrane réceptrice.

2° Le nombre A de vibrations du diapason qui correspond à une seconde. Ce nombre varie excessivement peu d'une seconde à l'autre ; néanmoins on a soin de prendre la moyenne.

La longueur L parcourue par l'onde est donnée par un chaînage très-exact.

La vitesse a par conséquent pour valeur $\frac{AL}{N}$. Le nombre ainsi obtenu se rapporte à de l'air qui est à une température différente de 0°, mais très-uniforme, et qui est saturé d'humidité (les lignes de tuyaux expérimentées se trouvant soit dans des égoûts, soit en terre à une certaine profondeur). Un calcul était nécessaire pour en déduire la vitesse dans l'air sec et à 0°.

Énumération des expériences. — Les expériences ont été faites sur les conduites suivantes :

1° Conduite pour le gaz, près de la porte d'Ivry, diamètre $0^m,108$, longueur maximum $1551^m,95$. Elle a donné lieu à une observation curieuse : c'est qu'une ligne de tuyaux de plomb du même diamètre, qui s'y trouve intercalée sur une longueur de 8 mètres, détruit l'onde presque complétement.

2° Conduite de $0^m,108$, établie *ad hoc* dans la cour du collége de France, hors du sol. Cette conduite, qui a eu une longueur de 70^m au plus, a servi principalement à étudier l'effet de l'inertie des marqueurs et celui de la

distance entre le bouton de la membrane réceptrice et le butoir, et à établir que ces deux influences sont assez puissantes pour enlever toute exactitude aux vitesses absolues déterminées sur des conduites très-courtes. Mais ces causes d'erreur perdent de leur importance s'il ne s'agit que de rechercher les rapports entre les vitesses. Aussi la conduite du collége de France a été très-utile pour comparer entre elles les vitesses de l'onde dans l'air à diverses pressions et dans différents autres gaz.

3° Conduite pour l'eau près la porte d'Ivry. Diamètre, 0m,30; longueur maximum, 1905m.

4° Siphon de Villemonble, faisant partie d'une conduite pour l'eau de la Marne; diamètre, 1m,10; longueur maximum, 4886m,45.

5° Conduite pour le gaz, à Choisy-le-Roi, diamètre, 0m,216; longueur maximum, 5625m,24.

6° Conduite pour l'eau de la Dhuis, dans l'égoût du boulevard Sébastopol, diamètre, 1m,10; longueur maximum, 961m,76.

7° Conduite pour l'eau de la Dhuis, dans l'égoût du boulevard Saint-Michel, diamètre, 1m,10; longueur maximum, 1589m,50.

Résultats des expériences.

1° Les vitesses de l'onde dans l'air à différentes pressions présentent des variations à la fois si minimes et si irrégulières, qu'on peut considérer la vitesse comme indépendante de la pression.

2° Les vitesses de l'onde dans les gaz autres que l'air sont un peu inférieures à celles qu'indiquerait la théorie. Voici à cet égard quelques données numériques:

Noms des gaz.		Densité.	Rapport de la vitesse dans le gaz à la vitesse dans l'air	
			théorique.	observé.
Acide carbonique.	Ivry	1,529	0,8087	0,7848
Idem.	Collége de France.	»	»	0,7987
Hydrogène.	Ivry	0,0692	3,801	3,682
Protoxyde d'azote.	Collége de France.	1,524	0,8100	0,7957
Ammoniac.	Idem.	0,596	1,2953	1,2262

Les différences s'expliquent, pour l'hydrogène parce que celui-ci n'était pas exempt de tout mélange d'air, et pour les autres gaz, parce qu'ils s'écartent plus que l'air de l'élasticité parfaite.

3° La vitesse de l'onde dans l'air est d'autant plus grande que l'onde est plus intense. Ainsi l'onde produite par un coup de pistolet se propage plus vite que celle qui est produite par le piston frappeur.

4° La vitesse de l'onde décroît à mesure que l'onde en se propageant est affaiblie par le frottement contre la paroi des tuyaux. Le décroissement est d'autant plus faible que la conduite a une plus grande section.

5° Le décroissement de vitesse est encore plus marqué quand l'onde est affaiblie par des réflexions successives sur les extrémités de la conduite. Les dispositions de détail prises par M. Regnault lui ont effectivement permis de constater l'arrivée de l'onde à l'extrémité de chacun des trajets qu'elle fait en parcourant un grand nombre de fois la ligne de tuyaux successivement dans un sens et dans l'autre. Il a constaté à cette occasion qu'elle est plus affaiblie par réflexion sur la membrane de caoutchouc que sur une plaque de tôle. Il a pu ainsi calculer, non-seulement la vitesse dans le premier trajet qui suit la naissance de l'onde, mais encore : 1° les vitesses moyennes

évaluées depuis la naissance jusqu'à la fin du deuxième, du troisième, du quatrième trajet, etc.; 2° les vitesses avec lesquelles s'effectue le deuxième, le troisième, le quatrième trajet, etc. Il est évident que ces dernières vitesses sont les véritables et qu'elles sont plus faibles que les premières.

6° Or les expériences ont montré que les différences entre les vitesses successives et décroissantes vont en diminuant à mesure que l'onde a subi plus de réflexions, et que par conséquent, à mesure que l'onde s'affaiblit, sa vitesse tend vers une limite inférieure, limite qui est indépendante du mode de production de l'onde et de sa vitesse initiale.

Ainsi dans une conduite de $1^m,10$, tandis que la vitesse initiale d'une onde intense produite par un coup de pistolet est de $334^m,16$ (voyez p. 142), la vitesse limite de toutes les ondes est $330^m,30$.

Cette vitesse limite, comme on pouvait s'y attendre, est d'autant plus petite que la section du tuyau est plus petite. Ainsi on a trouvé:

Diamètre,	$1^m,100$	vitesse limite,	$330^m,30$
—	$0^m,300$	—	$329^m,25$
—	$0^m,216$	—	$326^m,00$
—	$0^m,108$	—	$324^m,25$

Il est probable que, au delà de 1^m de diamètre, la vitesse limite augmente à peine, et que par conséquent le nombre $330^m,30$ est extrêmement près de la vérité.

On peut dire que les prévisions de la théorie ont été entièrement confirmées par l'expérience. Il n'y aurait aucun intérêt à établir avec les formules une concordance qui permettrait de faire de celles-ci un moyen de calculer

la vitesse *a priori*. Pour cela il faudrait d'ailleurs que γ et $\frac{\Delta v}{v}$ fussent connus avec exactitude.

Mais on peut faire des formules un usage inverse, en profitant des expériences qui font connaître la vitesse d'une manière très-exacte. Si dans l'expression approximative :

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}\gamma} = \sqrt{\frac{g\beta}{b} \cdot 0{,}760 \cdot \gamma}$$

(relative à l'air à 0°), qui est exacte pour une onde très-affaiblie et caractérisée par $\frac{\Delta v}{v} = 0$, on assigne à V la valeur 330^{m},60 [1], donnée par l'expérience pour une onde semblable, et si on remplace g, b et β par leurs valeurs numériques, on trouve :

$$\gamma = 1{,}3945.$$

Si maintenant dans la formule :

$$V = \sqrt{\frac{g\beta}{b} \cdot 0{,}760 \cdot \left[\gamma + \left(\frac{\gamma(\gamma+1)}{2} - 1\right)\frac{\Delta v}{V}\right]}$$

qui convient pour les ondes dont l'intensité n'est pas négligeable, on utilise la valeur ci-dessus de γ, on pourra calculer les valeurs de l'intensité $\frac{\Delta v}{v}$ qui caractérise des ondes dont la vitesse est mesurée. C'est ainsi que M. Regnault a dressé le tableau suivant, qui est relatif aux vitesses décroissantes d'une onde produite par un coup de pistolet de 1 gramme de poudre à l'entrée d'une conduite de 1^{m},10.

[1] 330^{m},60 est la limite inférieure des vitesses moyennes comptées depuis le départ de l'onde jusqu'à la fin du dernier parcours observable, tandis que 330^{m},30 est la vitesse effective de l'onde la plus affaiblie.

Chemin parcouru.	Vitesse moyenne.	Valeur de $\frac{\Delta v}{v}$	Excès de pression en millimètres de mercure[1].
749^{m},1	334^{m},16	0,04496	34,20
920^{m},1	333^{m},20	0,03283	24,90
1417^{m},9	332^{m},50	0,02399	18,24
2835^{m},8	331^{m},72	0,01414	10,75
5671^{m},8	331^{m},24	0,00808	6,14
8507^{m},7	330^{m},87	0,00341	2,57
11343^{m},6	330^{m},68	0,00101	0,77

Expériences sur la propagation dans l'air libre.

La méthode employée par M. Regnault a consisté, comme celle de ses prédécesseurs (le Bureau des longitudes en 1822, MM. Moll et Van Beek en 1823), à mesurer le temps qui s'écoule entre l'explosion d'un coup de canon et l'arrivée du son à une station dont la distance au canon est connue. Mais elle s'en distingue par le soin avec lequel les erreurs provenant de la perception humaine ont été éliminées.

Quand une onde est déterminée par un ébranlement au sein d'un milieux gazeux élastique et homogène, la théorie démontre qu'elle se propage sphériquement avec une intensité qui décroît suivant l'inverse du carré de la distance à l'origine.

Malgré ce rapide décroissement, si l'ébranlement initial a une intensité suffisante, l'onde peut être constatée à une assez grande distance par une membrane réceptrice en caoutchouc. Aussi l'emploi de cette membrane a été substitué à la perception par l'oreille, ce qui a permis d'opérer l'enregistrement des phénomènes par l'intermédiaire de courants électriques.

Les expériences sur les tuyaux avaient démontré que,

[1] L'air étant supposé à la pression de 0^{m},760 de mercure.

pour le plus gros calibre, l'arrivée directe de l'onde se traduisait sur la membrane la plus rapprochée de l'origine par une série de trépidations qui ne permettaient pas au courant électrique de s'établir, comme l'eût fait une distension franche de la membrane. Le même fait s'est réalisé, même sur une membrane très-éloignée, lorsque l'onde se propage par l'air libre. On a complétement éludé la difficulté en établissant la relation entre la membrane et le circuit enregistreur, de manière à ce que l'arrivée de l'onde produisît, non plus une fermeture, mais une rupture de courant. En outre la membrane était ajustée sur la petite base d'un tronc de cône métallique faisant office de cornet acoustique, et cet appareil était placé dans une caisse de bois ouverte seulement du côté de l'arrivée de l'onde.

Le départ de l'onde était accusé par une rupture de circuit provenant de la destruction d'un fil conducteur tendu au travers de la bouche du canon. Aussitôt le coup parti, un observateur placé à côté du canon, en agissant sur un commutateur, rétablissait le passage du courant qui, peu d'instants après, devait être de nouveau rompu par l'arrivée de l'onde sur la membrane.

Les observations étaient enregistrées sur une bande de papier noirci au moyen du même appareil qui avait déjà servi aux expériences sur les conduites.

Le théâtre des expériences était le polygone de Satory près de Versailles. En deux stations A et B, distantes de 2850 mètres, on avait installé un canon et à côté de celui-ci une membrane réceptrice. Dans une troisième station C, on avait installé l'appareil enregistreur, les piles, etc. Chaque expérience se passait en gros comme suit. Quand tout était préparé, le déroulement de la bande était mis

en train. Les observateurs en A faisaient partir le coup de canon. L'onde arrivait à la membrane située en B et y produisait une rupture de circuit. Aussitôt après, les observateurs en B faisaient partir leur coup de canon dont l'onde arrivait à la membrane située en A et y produisait une nouvelle rupture de circuit. Ensuite on arrêtait le déroulement et on coupait la bande. Il serait trop long de décrire les dispositions télégraphiques à l'aide desquelles le circuit était, dans chaque phase, dirigé suivant le parcours voulu pour que l'enregistrement eût lieu.

Les expériences dans l'air libre sont sujettes à une cause manifeste d'erreur, qui est le vent. Si l'on pouvait connaître d'une manière exacte la vitesse et la direction du vent, un calcul permettrait de passer de la vitesse apparente observée à la vitesse réelle de l'onde. Mais des essais faits *ad hoc* ont démontré que ces deux éléments sont trop variables, soit d'une station à l'autre, soit pendant la courte durée (environ 23") d'une expérience, pour que cette correction par le calcul offre quelque garantie d'exactitude. Aussi on a jugé préférable d'éliminer les erreurs causées par le vent en combinant ensemble un grand nombre d'expériences où ces erreurs sont tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Une autre difficulté, que ne présentaient pas les expériences sur les conduites souterraines, résultait de la nécessité de mesurer la température de l'air et son degré d'humidité en prenant les moyennes de plusieurs observations thermométriques et psychrométriques.

La moyenne d'un grand nombre d'expériences a donné pour la vitesse dans l'air sec à 0° : $330^m,70$, nombre bien peu différent du nombre $330^m,30$ trouvé pour la vitesse limite dans les conduites de $1^m,10$. A. ACHARD.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Dr W. Huggins. Note sur le spectre d'Uranus et sur celui de la comète I, 1871. (*Philosophical Magazine*, septembre 1871.)

Spectre d'Uranus. — Déjà en 1864, le Dr Huggins avait communiqué à la Société Royale de Londres des observations faites conjointement avec le Dr Miller sur les spectres des planètes Vénus, Mars, Jupiter et Saturne[1]. La lumière émanant d'Uranus et de Neptune était trop faible pour pouvoir être examinée avec le spectroscope dont ils se servaient alors. Plus tard, un réfracteur équatorial de quinze pouces d'ouverture, mis à la disposition de M. Huggins par la Société Royale, lui a permis de faire des observations suivies sur le spectre remarquable que fournit la planète Uranus. Ce spectre avait été examiné en 1869 par le père Secchi, qui dit « que le jaune y fait complétement défaut, et que dans le « vert et le bleu, il y a deux raies très-larges et très-noires. » Il représente la raie dans le bleu comme plus refrangible que F et celle dans le vert comme très-rapprochée de E.

M. Huggins est arrivé à des résultats notablement différents: il trouve que le spectre d'Uranus contient toutes les couleurs, autant du moins que le peu d'intensité de la lumière émise a permis d'en suivre la trace, laquelle s'étend à peu près de C en G. La lumière très-faible émise par Uranus n'a pas permis à l'auteur d'employer une fente assez étroite pour faire ressortir les raies de Fraunhofer. Les positions des raies dues à l'absorption planétaire, qui sont larges et distinctes en com-

[1] Voyez *Archives*, 1370, tome XXXVIII, p. 79.

paraison des raies solaires, ont été déterminées par le micromètre et par une comparaison directe avec les spectres de substances terrestres.

Le spectroscope dont s'est servi l'auteur était muni d'un prisme de flint-glass dense, ayant un angle réfringent de 60°, d'un télescope d'observation grossissant de cinq fois et demie, et d'un collimateur de cinq pouces de distance focale. On s'est servi d'une lentille cylindrique pour augmenter la largeur du spectre.

L'absorption remarquable qui se produit sur la planète Uranus se manifeste par six raies très-distinctes. Celle de ces raies qui est la moins réfrangible se trouve dans la portion pâle du spectre, et n'a pu être déterminée avec précision; elle correspond approximativement à une longueur d'ondulation de 615 millionièmes de millimètre. Les positions des autres raies ont été déterminées par des mesures micrométriques. La plus large d'entre elles a une longueur d'ondulation d'environ 544 millionièmes de millimètre. Celle dont la longueur d'ondulation est de 572 est presque aussi large, mais d'une teinte moins foncée; une raie un peu moins réfrangible que D est plus étroite que les autres.

Une mesure exacte de la raie la plus réfrangible a montré qu'elle correspondait, à bien peu de chose près, avec la position de F dans le spectre solaire, fait confirmé par la coïncidence avec la raie brillante qui caractérise l'hydrogène.

Une observation faite avec le micromètre a montré que trois des raies du spectre d'Uranus différaient peu, quant à leur position, de celle de quelques unes des raies brillantes du spectre de l'air. La raie qui a une longueur d'onde d'environ 572 millionièmes de millimètre est moins réfrangible que la raie double de l'azote qui en est rapprochée. Les deux raies planétaires dont la longueur d'onde est 595 et 618 ont paru coïncider presque entièrement, autant du moins que la faible lumière de la planète a permis d'en juger, avec les lignes brillantes du spectre de l'air. L'auteur croit cependant que

les raies planétaires sont un peu moins réfrangibles. Il n'existe pas dans le spectre d'Uranus de raie distincte qui corresponde avec celle des raies de l'air qui ressort le mieux, savoir la raie double d'azote.

Les raies d'Uranus ne paraissent pas pouvoir être attribuées à une absorption par l'acide carbonique. Il n'existe pas dans le spectre de cette planète de bande d'absorption correspondante à la raie du sodium. On remarque, du reste, l'absence dans le spectre d'Uranus de raies correspondantes aux principaux groupes de celles dues à l'absorption par l'atmosphère terrestre.

Spectre de la Comète I, 1871. — Une comète, peu visible, a été observée, pour la première fois, par M. Winnecke, le 7 avril de cette année. M. Huggins l'a observée le 13 avril et le 2 mai. Elle présentait à cette époque l'aspect d'une faible chevelure ou nébulosité se prolongeant dans la direction du Soleil. Examinée avec le spectroscope, la lumière qui en émanait a paru composée presque entièrement de trois raies brillantes. L'auteur a pu mesurer avec une certaine exactitude le centre de la raie du milieu qui était la plus lumineuse, et il attribue à cette raie une longueur d'onde d'environ 510 millionièmes de millimètre. Il n'a pu estimer qu'approximativement la position de la raie la moins réfrangible. Sa longueur d'onde a paru être de 545 millionièmes de millimètre environ. La troisième raie s'est trouvée située à la même distance à peu près de la raie du milieu du côté plus réfrangible. M. Huggins estime que la nature de cette comète est analogue à celle des comètes qu'il a observées en 1868.

Prof. W.-A. NORTON. SUR LA CONSTITUTION PHYSIQUE DU SOLEIL. *Silliman's American Journal*, juin 1871, et *Philosophical Magaz.*, juillet 1871.)

Le professseur Norton, après avoir passé en revue et cri-

tiqué les principales hypothèses mises en avant, dans ces derniers temps, pour expliquer les phénomènes solaires et, en particulier, les rapides formations et disparitions des protubérances, est conduit à en émettre lui-même une nouvelle, qu'il introduit en ces termes :

« Il est assez remarquable qu'on ait admis jusqu'ici que les lois et les faits terrestres sont la seule base philosophique de la théorie physique du Soleil, et qu'on n'ait pas encore cherché à jeter un jour nouveau sur cette question au moyen de phénomènes cosmiques bien connus qui ont lieu dans les régions de l'espace.

« Il existe une classe de corps dont quelques-uns s'approchent tout près du Soleil pendant leur trajet au travers de l'espace, et qui, en général, éprouvent manifestement de la part de cet astre d'autres influences que celle de la simple gravitation. Il serait certainement naturel de s'attendre à ce que ces corps cosmiques puissent nous fournir un aperçu des forces qui entrent en jeu à la surface du Soleil.

« On ne saurait plus prétendre aujourd'hui que les transformations que ces corps subissent sous l'influence du Soleil soient encore enveloppées de mystère, car on a certainement démontré d'une façon satisfaisante qu'une portion de la matière des comètes est soumise à une *répulsion solaire*, en vertu de laquelle cette matière est rejetée loin du Soleil avec une vitesse considérable et avec une énergie qui augmente à mesure que la comète se rapproche de cet astre.

« Maintenant, si une force répulsive énergique émanant du Soleil agit sur la matière des comètes à toutes distances, grandes et petites, et suivant la loi de l'inverse du carré de la distance, il est certainement très-probable qu'elle joue un rôle important dans cette vaste arène, où les forces solaires sont engagées dans une lutte gigantesque.

« On dira peut-être que les vapeurs solaires sont des substances entièrement différentes de la matière si subtile des comètes soit sous le rapport de leur composition chimique,

soit sous celui de leur état physique. Mais il est certainement plus philosophique d'admettre que les mêmes substances, ou tout au moins des substances possédant les mêmes propriétés générales existent dans tous les corps cosmiques, y compris la Terre elle-même. D'ailleurs les preuves à l'appui de cette supposition ne manquent point. Huggins, en examinant le spectre de la comète II, 1868, a reconnu la présence de la vapeur de carbone dans sa portion la plus brillante. Il a pu distinguer la lumière du noyau de celle de la queue. Le noyau, dit-il, est lumineux par lui-même, et sa substance est de la nature d'un gaz incandescent. La queue, par contre, brille par réflexion, comme les nuages de notre atmosphère. »

Le professeur Norton rappelle aussi que la queue des comètes est aujourd'hui considérée comme formée d'une substance détachée de leur noyau par l'effet d'une force répulsive émanant non-seulement du Soleil, mais aussi de ce noyau lui-même. Dans les grandes comètes on voit, dit-il, des séries d'enveloppes se détacher du noyau du côté du Soleil et être ensuite repoussées et dissipées avec une vitesse assez uniforme par la force répulsive de cet astre.

L'auteur cherche ensuite à assimiler à la chaleur cette force répulsive du Soleil et du noyau des comètes. Le calorique constituerait, suivant lui, une force répulsive agissant à distance entre les corps ou entre les atomes chauds, proportionnellement à leur surface et en raison inverse de leur masse.

C'est en partant de cette manière de concevoir la chaleur, qu'il pense pouvoir admettre que l'action répulsive exercée par le Soleil sur la matière des comètes *consiste totalement ou partiellement en impulsions répulsives propagées par les ondulations calorifiques provenant du Soleil.*

Certains phénomènes bien connus tels que la mobilité extrême des particules de silice très-divisée et fortement chauffée, la diminution de la capilarité sous l'influence de la cha-

leur, l'état sphéroïdal des liquides, les vibrations de l'appareil de Trevilyan, lui paraissent confirmer cette nouvelle hypothèse sur le calorique considéré comme force répulsive. Il se trouve ainsi conduit à toute une théorie sur la constitution physique du Soleil, théorie qu'il formule en trois propositions, dont voici le résumé :

1° Le Soleil exerce une action répulsive sur les molécules de tout gaz ou vapeur se trouvant à sa surface ou à toute distance extérieurement à cette surface. Cette force répulsive est la somme de toutes les impulsions calorifiques propagées par les ondulations de l'éther et émanant de toutes les molécules gazeuzes situées en dehors du corps central (solide ou liquide) du Soleil, ainsi que de la surface même de cette masse centrale, en exceptant toutefois ce qui peut en être absorbé pendant le trajet. Cette force répulsive est en opposition avec la gravitation qui provient de la masse entière du Soleil. De la sorte, la force effective sollicitant chaque molécule gazeuse est donc constamment égale à la différence entre la force répulsive et la gravitation.

2° La force répulsive du Soleil agit sur chaque molécule avec une efficacité relative d'autant plus grande que le poids atomique de la molécule est plus faible. En admettant, en effet, que ce poids soit proportionnel au volume de la molécule, l'influence de la gravitation qui lui est directement proportionnelle doit diminuer plus vite que celle de la force répulsive si le volume devient plus petit, puisque cette dernière est directement proportionnelle à la surface et en raison inverse de la masse.

3° Il suit de là que les différents gaz ou les différentes vapeurs doivent se grouper autour de la masse centrale du Soleil en zones concentriques superposées dans l'ordre de leurs densités décroissantes. La zone la plus extérieure étant formée par le gaz le plus subtil, tandis que la masse centrale est immédiatement recouverte d'une couche formée par celles de toutes les vapeurs dont le poids spécifique est le plus con-

sidérable. Si une masse gazeuse se dégage de la surface de la photosphère, elle se trouve donc soumise à une force répulsive, en vertu de laquelle elle doit traverser toutes les zones concentriques jusqu'à ce qu'elle ait atteint celle qui répond à sa densité. Les substances complexes et, partant, plus denses qui prennent naissance dans les zones extérieures relativement moins chaudes, doivent descendre vers la photosphère si leur poids l'emporte sur la force répulsive à laquelle elles sont soumises. Ces précipités peuvent pénétrer plus ou moins profondément dans l'intérieur de la photosphère. Là ils sont de nouveau décomposés par l'extrême chaleur qui y règne, à moins qu'ils ne se soient enfoncés au delà de la couche, à partir de laquelle le poids de la masse superposée annule toute force répulsive, auquel cas ils restent incorporés à la masse centrale.

D'après le professeur Norton, les courants ascendants de l'atmosphère solaire, et par conséquent les protubérances sont donc le résultat de la redécomposition des masses plus denses et moins chaudes constituant les courants descendants qui produisent les taches. L'hydrogène étant le plus léger des éléments est repoussé plus loin que tous les autres jusque dans la chromosphère, au delà de laquelle on trouverait même un gaz encore plus subtil que l'hydrogène et fournissant au spectroscope la ligne verte observée par M. Lockyer dans la Couronne.

PHYSIQUE.

W. Wernicke. Ueber die Brechungsindices, etc. Sur les indices de réfraction et la dispersion de corps opaques. (*Pogg. Ann.*, tome CXXXIX, p. 132.)

Les différentes méthodes employées jusqu'ici pour la détermination des indices de réfraction des corps opaques ont conduit à des résultats incertains, souvent même contradictoires. M. Wernicke en propose une nouvelle qu'il a appli-

quée, avec succès, à toute une classe de corps tels que les protoxydes, oxydes et peroxydes, ainsi qu'aux chlorures, bromures, iodures et sulfures des métaux pesants. Cette méthode consiste en ce que, par un procédé ou par un autre, l'on fait déposer ces substances en couches minces, égales, qui donnent des couleurs d'interférence variant avec leur épaisseur. En soumettant ces couleurs à l'analyse prismatique, on obtient des spectres à bandes claires et à bandes obscures alternantes; puis du nombre et de la position de ces bandes, on peut déduire la longueur d'ondulation de la lumière dans cette substance, par conséquent l'indice de réfraction, non-seulement en bloc, mais aussi pour les différentes couleurs ou lignes de Fraunhofer. Vu le degré de précision apporté dans la production de ces couches minces, l'exactitude des résultats fournis par cette méthode ne dépend guère que de la sensibilité de la balance que l'on emploie de préférence à tout autre procédé pour mesurer l'epaisseur de la couche.

En observant avec le spectroscope la lumière réfléchie par la plaque métallique sur laquelle se forme la lame mince de la substance à étudier, l'on obtient d'abord un spectre continu; puis lorsque la couche a atteint un certain degré de développement on voit apparaître dans le violet une raie obscure, qui se transporte ensuite graduellement vers la partie la moins réfrangible du spectre à mesure que la couche continue à s'épaissir, et revient au bout d'un certain temps à son point de départ pour continuer son mouvement de translation qui dure tant que la couche mince s'accroît. Cette bande obscure est toujours accompagnée de 1, 2 et même plusieurs autres bandes semblables qui, comme elle, parcourent successivement les différentes parties du spectre. A l'aide de développements mathématiques pour lesquels nous nous bornons à renvoyer au mémoire original, l'auteur montre que les différences entre les épaisseurs de couche qui ramènent le passage de la même bande sur une ligne de Fraunhofer donnée, sont proportionnelles à la longueur d'ondulation de cette ligne dans la substance étudiée, et il

établit de quelle façon l'on peut, d'après cela, obtenir la valeur exacte de cette longueur d'ondulation. Le procédé expérimental consiste à amener la bande à coïncider une première fois avec la ligne de Fraunhofer, à peser exactement la couche à ce moment-là, puis à continuer le développement de la couche jusqu'à ce que, après avoir passé une fois devant cette ligne, la bande obscure coïncide de nouveau exactement avec elle, enfin à repeser encore une fois à ce moment-là; p étant l'augmentation du poids subi par la couche mince, s la pesanteur spécifique de la substance, o l'étendue superficielle de la couche, l_a la longueur d'ondulation de la raie de Fraunhofer, l'on a pour l'indice de réfraction cherché :

$$N_a = \frac{m.s.o.l_a}{2p}$$

La couche mince de la substance à étudier s'obtient sur une plaque de platine bien propre, sur une plaque d'argent ou même de verre argenté, par voie électrolytique. Pour obtenir une couche mince d'oxydule de cuivre, par exemple, l'auteur plonge une plaque de platine servant d'électrode négative dans une dissolution renfermant dans 500^{gr} d'eau, 30^{gr} de soude hydratée, 60^{gr} de sel de Seignette et 25^{gr} de sulfate de cuivre; il règle le courant d'un couple de Bunsen, de façon à ce que le dépôt d'hydrogène à la surface du platine suffise juste pour réduire l'oxyde de cuivre en oxydule, sans produire en même temps du cuivre métallique. Il emploie aussi pour y faire déposer l'oxydule de cuivre une feuille de platine ou de papier d'étain cuivrée à l'aide d'une solution alcaline de cuivre. Les résultats obtenus pour l'indice de réfraction de l'oxydule de cuivre sont les suivants :

Lignes de Fraunhofer	Indices de réfraction
B	2,534
C	2,558
D	2,705
E	2,816
F	2,963

d'où l'on voit que l'indice de réfraction et la dispersion de l'oxydule sont plus forts que celle d'aucune autre substance solide étudiée jusqu'ici à part les indices de réfraction encore incertains trouvés pour les métaux.

Avec l'hydrate de peroxyde de plomb M. Wernicke a obtenu pour les lignes D, C, B de Fraunhofer, des indices de réfraction égaux à 2,229, 2,010, 1,802; le corps produit donc une réfraction plus faible, mais une dispersion plus grande encore que l'oxydule de cuivre.

Enfin, avec l'hydrate de peroxyde de manganèse, l'auteur a trouvé pour les lignes F, D et C les indices 1,944, 1,862, 1,801. Il a dû faire chaque fois une détermination très-précise de la pesanteur spécifique du dépôt formé par électrolyse.

L'auteur a opéré encore sur un grand nombre d'autres corps obtenus en lames minces, soit par voie électrolytique, soit par voie chimique, et tous ont montré une dispersion exceptionnellement grande. E. S.

E. LOMMEL. UEBER FLUORESCENZ. SUR LA FLUORESCENCE. (*Pogg. Ann.*, tome CXLIII, p. 26.)

La fluorescence est un des points les plus obscurs de l'optique. M. Lommel entreprend d'en donner une théorie nouvelle en se basant sur des faits qu'il a observés avec la dissolution alcoolique d'une couleur d'aniline, le *rose de Magdala.*

M. Zech a reconnu que cette substance donnait une très-belle fluorescence orangée, laquelle présente, d'après les observations de M. Lommel, des particularités très-remarquables. En projetant un spectre solaire sur la surface de cette dissoluton, on voit se produire cette fluorescence qui, commençant entre les raies C et D, s'étend jusqu'au delà de l'extrémité violette du spectre en conservant toujours la même nuance orangée. Elle présente un maximum d'intensité lumineuse dans le vert-jaune, un autre dans le vert et

un troisième dans le violet. Réduisant ce ruban lumineux, à l'aide d'une lentille cylindrique, en un filet linéaire, et l'analysant avec un spectroscope, on voit qu'il renferme du rouge, de l'orangé, du jaune et du vert-jaune.

La raie D se trouvant au nombre des rayons excitateurs, l'auteur répéta l'expérience en employant à la place de la lumière blanche, la flamme monochromatique de sodium; les limites du spectre fluorescent furent les mêmes. *La lumière homogène jaune du sodium n'avait pas excité seulement des rayons moins réfrangibles rouges et orangés, mais encore des rayons jaunes de même réfrangibilité qu'elle et des rayons vert-jaune de plus grande réfrangibilité.*

Le résultat fut le même en opérant avec de la lumière qui avait traversé une plaque de verre colorée avec de l'oxydule de cuivre et ne renfermant par conséquent que les radiations rouges et orangées. Le spectre de fluorescence présenta, outre le rouge et l'orangé, du *jaune* et du *vert-jaune.*

Ces faits sont, on le voit, tout à fait opposés à la loi de Stokes et il en résulterait que celle-ci, tout en s'appliquant à la plupart des cas de fluorescence, n'est pas une loi générale. La fluorescence ne serait point la propriété de transformer des radiations plus réfrangibles en moins réfrangibles.

En comparant les spectres d'absorption fournis par la dissolution de rose de Magdala à différents degrés de concentration, avec les spectres de fluorescence correspondant, l'auteur arrive à trouver *que le spectre fluorescent commence toujours à la même place que la partie obscure du spectre d'absorption et qu'à chaque maximum d'absorption correspond un maximum de fluorescence.*

La dissolution de chlorophylle donne un résultat tout à fait analogue: à chaque bande lumineuse du spectre fluorescent de la chlorophylle correspond, suivant les observations de M. Lommel, une bande obscure du spectre d'absorption.

D'après ce qu'on vient de voir, les rayons absorbés par la

substance fluorescente se comportent tous d'une manière identique au point de vue de la fluorescence, chaque rayon homogène (quel qu'il soit, entre le rouge et le vert-jaune, pour le rose de Magdala) excite la même couleur de fluorescence composée.

Pour expliquer les faits qui précèdent, l'auteur considère la molécule comme un assemblage d'atomes animés de mouvements oscillatoires à périodes déterminées. Lorsqu'une onde lumineuse, ayant la même période qu'un des mouvements vibratoires spéciaux à cette molécule, vient à la frapper, elle perd sa force vive en augmentant celle des vibrations atomiques : elle est absorbée en tout ou en partie, et il se produit un fait analogue à ce qui arrive dans la résonnance des corps sonores. Le mouvement ondulatoire est arrêté non-seulement lorsqu'il présente le même nombre de vibrations, mais aussi lorsqu'il présente un nombre de vibrations moitié ou double de celui-ci des vibrations atomiques. De plus, l'auteur croit pouvoir admettre que le mouvement ondulatoire excité dans la molécule frappée, ne se borne pas à la vibration qui est de même période que l'onde excitatoire, mais s'étend également à toutes celles que l'assemblage moléculaire est susceptible de donner.

Le rose de Magdala et la chlorophylle représentent une première classe de substances fluorescentes ; comme type de la seconde classe, dans laquelle rentrent presque tous les corps fluorescents, on peut prendre l'esculine. En projetant un spectre solaire sur la surface d'une dissolution aqueuse d'esculine on obtient une bande d'un bleu uniforme qui, partant au delà de la raie G, s'étend jusqu'au groupe O dans la portion ultra-violette. Les rayons bleu foncé, violets et ultra-violets sont les seuls actifs. Chacun d'eux, quelle que soit la longueur d'onde, excite la même couleur composée de fluorescence ; dans ce cas encore, l'absorption commence à la même place du spectre que la fluorescence.

L'auteur explique cela comme suit : la molécule d'esculine

est susceptible de vibrer dans toutes les différentes périodes d'oscillation appartenant aux radiations bleu foncé, violettes et à une partie des ultra-violettes, puis dans les périodes correspondantes à une octave au-dessous et appartenant au spectre calorifique obscur. *Ces vibrations ultra-rouges peuvent, en se joignant à l'action des vibrations bleu foncé, violettes et ultra-violettes, produire de tons combinés qui tombent dans la portion intermédiaire du spectre, c'est-à-dire dans une portion moins réfrangible que l'ensemble des radiations lumineuses du spectre fluorescent.* La loi de Stokes se réalise alors.

Pour arriver à la conception du mode de formation de ces tons combinés, l'auteur distingue les vibrations *intramoléculaires* qui dépendent du régime intérieur de la molécule, de sa constitution chimique, de l'*affinité*, et les vibrations *intermoléculaires* dont est animée la molécule dans son ensemble avec l'atmosphère d'éther qui l'enveloppe et qui résultent de l'état physique du corps, de la *cohésion*, en dernier ressort de la température. Cette dernière augmentant et avec elle la distance et la tension intermoléculaire, la molécule devient capable de vibrer, non plus seulement dans la période primitive, mais aussi dans des périodes plus petites, en nombre de plus en plus grands. Chauffé au rouge-blanc, un corps arrive par suite de la modification de ces vibrations intermoléculaires à émettre toutes les radiations comprises entre le rouge et le violet, *son spectre est continu*, quelle que soit la substance qui le compose. Les lignes brillantes qui résultent des vibrations intramoléculaires n'arrivent pas à se dessiner sur le spectre continu et n'apparaissent que lorsque la cohésion a disparu et que le corps est passé à l'état gazeux. On le voit, suivant M. Lommel, *le spectre continu d'un corps solide ou liquide incandescent est produit par les vibrations intermoléculaires, le spectre à raies brillantes d'un gaz incandescent par les vibrations intramoléculaires.*

Ces vibrations sont les unes et les autres transmises par

l'éther. Or, pour l'éther libre on peut admettre que la force élastique entretenant son mouvement vibratoire est proportionnelle à l'élongation du mouvement, en considerant que l'amplitude de l'oscillation d'un atome est très-petite en comparaison de la distance qui sépare les atomes entre eux. Mais cette hypothèse ne peut pas s'appliquer aux atomes de l'atmosphère d'éther lesquels doivent être beaucoup plus rapprochés; ici il faut admettre que *la force élastique ne dépend pas seulement de la première mais encore de la seconde puissance de l'élongation*. Lors donc que deux des ondulations spéciales à la molécule viendront à se transmettre aux atomes de l'atmosphère d'éther, le mouvement oscillatoire communiqué à celle-ci ne se composera pas seulement des vibrations primaires, mais il y ajoutera encore deux autres mouvements oscillatoires, dont les nombres de vibrations seront égaux à la différence et à la somme des nombres des vibrations, des ondulations primaires (ton de différence, *Differenzton* et ton de somme, *Summationston* de Helmholtz). Chaque molécule émet, non-seulement les radiations qui lui sont propres, mais encore toutes celles qui résultent de la somme ou de la différence des nombres de vibrations de ces radiations-là deux à deux. Mais les radiations résultant de la somme de ces nombres de vibrations tombent dans la partie ultra-violette, tandis que pour les corps fluorescents de la seconde classe, les radiations provenant de la différence de ces nombres de vibrations appartiennent à la partie lumineuse du spectre.

Enfin, il est une troisième classe de substances qui, suivant les observations de M. Pierre, présentent une fluorescence multiple : ainsi le tournesol, ta teinture de quassia, etc., qui présentent dans le spectre fluorescent plusieurs teintes différentes. Ce phénomène s'explique par le fait que les substantes avec lesquelles on l'observe sont un mélange de plusieurs substances de première et de seconde classe, donnant une fluorescence simple.

L'auteur résume comme suit les résultats de son travail.

Il y a lieu de distinguer trois classes de corps fluorescents :

1re classe. ***Fluorescence par résonnance.*** Un groupe de rayons peu réfrangibles est absorbé directement, un autre groupe de rayons plus réfrangibles indirectement (par l'octave plus basse). La substance donne une fluorescence dont la couleur est le mélange des radiations absorbées directement. Exemple : rose de Magdala, chlorophylle.

2me classe. ***Fluorescence par les tons de différence.*** Les rayons les plus réfrangibles sont absorbés en partie directement, en partie aussi indirectement, et excitent outre leurs propres vibrations un groupe de vibrations ultra-rouges. La substance donne une fluorescence dont la couleur est le mélange des tons de différences qui résultent de la combinaison de ces rayons plus réfrangibles avec les rayons obscurs peu réfrangibles. Exemple : esculine, quinine, curcuma.

3me classe. ***Fluorescence composée.*** Elle se produit lorsque plusieurs substances fluorescentes de première ou de seconde classe se trouvent mélangées sans agir chimiquement les unes sur les autres. Exemple : tournesol, quassia. E. S.

L. Troost et P. Hautefeuille. — Sur les spectres du carbone, du bore, du silicium, du titane et du zirconium. — A. Ditte. Sur les spectres du soufre, du sélénium et du tellure. — Dumas. Observations au sujet des deux communications précédentes. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 septembre 1871, p. 622, 620 et 624.) — Lecoq de Boisbaudran. Sur la constitution des spectres lumineux. (*Comptes rendus*, 11 septembre 1871, p. 658.) — Ditte. Sur les spectres des corps appartenant aux familles de l'azote et du chlore. (*Comptes rendus*, 18 septembre 1871, p. 738.) G. Salet. Sur les spectres du soufre. (*Comptes rendus*, 28 septembre 1871, p. 559.) — Le même. Sur le spectre du sélénium et du tellure. (*Comptes rendus*, 18 septembre 1871, p. 742.)

M. Lecoq de Boisbaudran avait déjà signalé les rapports

qui unissent entre eux les spectres des métaux alcalins et ceux des métaux des terres alcalines, et à l'occasion des travaux dont il est question dans cet article, il a résumé ses recherches de la manière suivante :

« 1° Les raies d'un spectre, loin d'être placées aux hasard sur l'échelle des longueurs d'ondes, dérivent d'une ou plusieurs raies primitives, formant un groupe que j'appellerai *élémentaire*, lequel, en subissant des augmentations ou diminutions successives de longueur d'onde, se répète sur l'échelle lumineuse sans changer d'aspect général.

« 2° De même que les ondes sonores, les vibrations lumineuses peuvent se reproduire par harmoniques, et la facilité de reproduction n'est pas la même pour tous les harmoniques.

« 3° Dans l'intérieur d'une famille naturelle, la longueur d'onde moyenne des groupes élémentaires est fonction de poids atomiques, de telle sorte que, pour les corps de même type chimique, la forme générale des spectres subsiste, tout en étant graduellement modifiée sous l'influence du changement de masse des molécules.

« 4° Dans une série de spectres analogues, les harmoniques correspondants ont des longueurs d'ondes moyennes d'autant plus grandes que les poids des molécules similaires sont plus considérables.

« 5° Le parallélisme de la marche des propriétés chimiques et des raies spectrales permettra, sans aucun doute, de faire un jour l'histoire chimique d'un corps à la seule inspection de la lumière qu'il émet.

« 6° Enfin, je signalerai l'appui que l'étude des spectres donne à la théorie des types et des substitutions, théorie fondamentale en chimie, et tout récemment attaquée. On voit, en effet, les substitutions successives laisser à chaque fois au type spectral ses traits principaux et ne le modifier que graduellement. »

MM. Troost et Hautefeuille, d'un côté, et M. Ditte, de l'au-

tre, reprenant ce sujet, comme le dit M. Dumas, avec une grande précision et l'esprit de critique nécessaire pour écarter toute illusion, font voir que la marche des raies vers l'ultra-violet se manifeste exactement comme l'accroissement des poids atomiques, pour le carbone, le bore, le silicium, le titane et le zirconium d'une part; de l'autre, pour le soufre, le sélénium et le tellure. C'est là une preuve de plus ajoutées à celles que la science possédait déjà pour démontrer la vérité du principe sur lequel M. Dumas établissait, dès 1827, la classification des corps simples en familles naturelles.

Les recherches de MM. Troost et Hautefeuille, en effet, se résument de la manière suivante[1]:

« 1° En allant du carbone au zirconium, c'est-à-dire des métalloïdes aux métaux, l'on rencontre des rayons de plus en plus réfrangibles; les spectres s'arrêtent, en effet, du côté du violet aux divisions 105 pour le carbone, 115 pour le bore, 120 pour le silicium, 130 pour le titane et 135 pour le zirconium, qui présente, en ce point, un maximum d'éclat. Ils commencent d'ailleurs à peu près au même endroit du côté des rayons rouges.

« 2° Les spectres présentent chacun trois maxima d'intensité lumineuse, fournis par des groupes de raies brillantes, que notre spectroscope ne pouvait pas toujours séparer nettement.

« 3° En passant du carbone au zirconium, les trois maxima s'avancent de plus en plus vers le violet; ainsi le maximum le moins réfrangible est, dans le spectre du carbone, au milieu de l'intervalle DE, dans celui du bore, il correspond à la raie E; situé pour le silicium entre E et F, il est pour le titane entre F et G, près de F, et correspond enfin, pour le

[1] MM. Troost et Hautefeuille ainsi que M. Ditte se sont servis d'un même spectroscope construit par M. Steinheil; les raies du spectre solaire y correspondent aux divisions suivantes : A à 0,5; B à 11; C à 14; D à 30; E à 45; F à 55; G à 71; H à 82; L à 85; M à 90; N à 95; P à 102; Q à 105; R à 111.

zirconium, à l'espace compris entre H. et L. Le maximum le plus réfrangible est au voisinage de la raie G pour le carbone, il est fort loin dans l'ultra-violet pour le zirconium.

« Les spectres de ces éléments, étudiés comparativement, conduisent donc à classer ces corps dans l'ordre que leur assigne deja l'ensemble de toutes leurs autres propriétés. »

M. Ditte résume ainsi ses observations sur le soufre, le sélénium et le tellure.

« Si l'on compare entre eux les trois spectres, l'on voit:

« 1° Qu'ils s'étendent de plus en plus quand on va du soufre au tellure; d'une part les rayons ultra-violets augmentent à mesure que le corps considéré se rapproche davantage des métaux: la limite des rayons visibles, qui est 120 pour le soufre, 125 pour le sélénium, 146 pour le tellure, met ce fait hors de doute; d'autre part, du côté des rayons les moins réfrangibles, le phénomène se reproduit encore, quoique bien moins accentué, les spectres commençant tous les trois dans le rouge-orangé et en des points assez voisins l'un de l'autre. De plus, la distance entre le sélénium et le tellure est plus grande que celle qui sépare le soufre du sélénium.

« 2° Les spectres présentent tous les trois deux maxima de lumière, dont l'un est supérieur à l'autre en intensité. Chacun d'eux est d'ailleurs formé de deux raies ou bandes séparées par un trait obscur.

« 3° Enfin, lorsqu'on va du soufre au tellure, on voit les deux maxima se déplacer et marcher dans le même sens du côté du violet; les raies ou bandes les plus lumineuses sont en effet situées aux divisions 58-59 pour le soufre, 67-68 pour le sélénium, 104-105 pour le tellure; et celles qui viennent ensuite comme éclat répondent, pour les trois corps, aux positions 34-35 pour le permier, 40-41 pour le second, 74-75 pour le dernier.

« Cette comparaison des spectres, basée sur la fréquence des raies dans certaines régions et sur leurs intensités relatives,

établit donc entre les corps considérés un rapprochement qui ferait placer le sélénium entre les deux autres ; l'on sait d'ailleurs que l'ensemble de toutes leurs propriétés les font ranger de cette façon ; ainsi, les analogies que ces corps présentent entre eux se poursuivent jusque dans leurs spectres, et les modifications que ceux-ci éprouvent quand on passe du premier au dernier sont tout à fait comparables à celles que subissent, dans le même passage, toutes leurs autres propriétés. »

La comparaison des spectres du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine et de l'étain a fourni à M. Ditte les résultats suivants :

« 1° Les spectres s'étendent de plus en plus quand on va de l'azote à l'étain ; ils commencent en des points fort voisins dans le rouge-orangé, mais les rayons les plus réfrangibles (116 pour l'azote, vers 127 pour le phosphore et l'arsenic, vers 138 pour l'antimoine et l'étain) s'étendent de plus en plus du côté du violet à mesure que les propriétés de l'élément considéré se rapprochent davantage de celles des métaux.

« 2° Les spectres présentent chacun trois maxima d'intensité lumineuse, dues à des raies très-brillantes séparées par des intervalles obscurs ou d'éclat incomparablement plus faible.

« 3° Enfin quand on passe de l'azote à l'étain, les trois maxima se déplacent et marchent dans le même sens du côté du violet. Le moins réfrangible éprouve le mouvement le plus faible, il passe de la division 27 dans l'orangé pour l'azote, à 35-37 dans le jaune pour l'étain ; le plus réfrangible se déplace beaucoup, de la position 76-78 qu'il occupe dans l'indigo pour l'azote, 113-115 bien loin dans l'ultra-violet pour l'étain ; quant à celui que sa réfrangibilité place entre les deux autres, il se déplace plus que le premier, moins que le second, allant des points 56-58 dans le bleu pour l'azote, à 80-84 pour l'étain, à la limite extrême du violet. »

Pour la famille du chlore, brome et iode, M. Ditte a trouvé:

« 1° Que du chlore à l'iode, les trois spectres s'étendent de plus en plus vers l'ultra-violet, mais d'une manière bien moins sensible que dans les autres familles étudiées; du côté du rouge, ils semblent, au contraire, diminuer un peu.

« 2° Chaque spectre présente deux maxima de lumière accompagnés de bandes moins intenses, mais encore brillantes, et qui limitent à une faible largeur la région vraiment éclatante du spectre.

« 3° Les maxima se rapprochent l'un de l'autre, et la portion brillante du spectre diminue d'étendue quand on va du chlore à l'iode (elle s'étend, en effet, de 42 à 60 pour le premier de ces corps, de 61 à 75 pour le deuxième, de 92 à 105 pour le dernier); de plus, les raies brillantes, très-nettes dans le chlore, sont plus larges pour le brome, et pour l'iode elles prennent tout à fait l'aspect de bandes très-larges et estompées.

« 4° Enfin, quand on passe du chlore à l'iode, les trois maxima se déplacent ensemble, entraînant avec eux, vers l'ultra-violet, la partie lumineuse du spectre ; on voit, en effet, cette portion brillante qui, pour le chlore, embrasse tout le vert, comprendre pour le brome la seconde moitié du bleu et la première de l'indigo. Pour l'iode, elle est dans l'ultra-violet tout entière. »

Quant au fluor, quoique son spectre produise aussi deux maxima de lumière, il y a des différences qui séparent nettement ce corps des autres halogènes.

M. G. Salet a étudié les spectres du soufre, du sélénium et du tellure à un point de vue différent. On se rappelle que M. Angström[1] a récemment contesté qu'un seul et même gaz simple puisse donner des spectres variant avec la température; il ne croit pas à la réalité du spectre à bande ou de premier ordre de Plücker. M. Salet cherche à établir, au contraire, que pour le soufre, le sélénium et le tellure tout au moins, il y a bien deux spectres; l'un le spectre à lignes ou

[1] Voyez *Archives*, septembre 1871, page 87.

de deuxième ordre, qui se produit à haute température (celui qui a fait l'objet du travail de M. Ditte), et l'autre le spectre à bandes ou de premier ordre, et qui peut être produit à une température plus basse par différents procédés dont nous allons dire quelques mots:

1° M. Salet enferme le soufre dans un tube de verre ne présentant pas d'électrodes métalliques intérieures: chaque extrémité du tube est entourée d'une gaîne de laiton que l'on chauffe, à l'aide d'une lampe, afin de vaporiser le soufre; lorsqu'on veut faire passer l'électricité, on relie chaque gaîne aux pôles d'une bobine ou d'une machine de Holtz, et le tube s'illumine, par influence, d'une façon aussi intense que si les électrodes pénétraient dans son intérieur [1]. Comme on a fait dans l'appareil un vide excellent pendant qu'on vaporisait une grande portion du soufre qui distillait à l'extérieur, on n'a pas à craindre la présence d'un gaz étranger; du reste, lorsqu'un pareil tube est froid, l'électricité n'y circule plus, et même, en employant des électrodes métalliques, un tube de Geissler, dans lequel on a fait le vide sur du soufre bouillant, arrête parfaitement l'étincelle. — Le même procédé peut être employé pour le sélénium et le tellure.

2° On peut obtenir le spectre de ces corps dans la flamme de l'hydrogène. Pour le soufre, par exemple, on le produit en écrasant la flamme de l'hydrogène chargé de traces d'acide sulfureux contre une couche d'eau froide tombant verticalement. La belle lumière bleue qui se produit alors est facilement résolue par le prisme en bandes tout à fait semblables à celles que l'on obtient par le premier procédé, mais dont quelques-unes sont plus lumineuses que les bandes correspondantes du spectre électrique, de manière à présenter à première vue quelques différences d'aspect. — Le sélénium,

[1] Ces tubes construits par M. Alvergniat (voyez *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 28 août 1871, p. 561) ont l'avantage d'éviter les fissures qui peuvent se produire dans le verre et l'introduction des vapeurs métalliques provenant de la volatilisation des électrodes.

en brûlant dans l'air, donne par lui-même un spectre de premier ordre, ce que ne fait pas le soufre.

3° Enfin, M. Salet a examiné par transparence une couche de vapeur de soufre chauffé au rouge faible. Lorsqu'on emploié une lumière très-puissante, telle que celle du magnésium, on aperçoit dans le bleu quelques bandes noires. Il peut y avoir quelque incertitude, parce que le magnésium fournit des raies dans cette portion du spectre; mais néanmoins, comme on n'observe ces bandes qu'avec du soufre, M. Salet pense qu'elles sont dues à l'inversion de celles du spectre précédent.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

H. ENGELKEN. UEBER DIE EMPFINDLICHKEIT, etc. DE L'EXCITABILITÉ DE LA MOELLE ÉPINIÈRE PAR LES STIMULANTS ÉLECTRIQUES; avec des remarques de A. Fick. (*Archiv v. Reichert* et *du Bois-Raymond*, 1867, 189-209.) — WISLOCKY. MÊMES RECHERCHES. (*Warschauer medicinische Zeitung*, 1867, n° 13.) — Sig. MAYER. UEBER DIE UNEMPFINDLICHKEIT, etc. DE L'INEXCITABILITÉ DE LA MOELLE ÉPINIÈRE PAR LES STIMULANTS ÉLECTRIQUES. (*Pflüger's Archiv*, I, 1868, 166 à 173.) — A. FICK. UEBER DIE REIZBARKEIT, etc. DE L'EXCITABILITÉ DES FAISCEAUX ANTÉRIEURS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE. (*Pflüger's Archiv*, II, 1869, 414-418.) — HUIZINGA. DIE UNERREGBARKEIT, etc. INEXCITABILITÉ DES FAISCEAUX ANTÉRIEURS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE. (*Idem*, III, 1870, p. 81 à 89.) — MUMM. UEBER DIE REIZBARKEIT, etc. EXCITABILITÉ DES FAISCEAUX ANTÉRIEURS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE. (*Berliner klinische Wochenschrift*, 1870.) — ALADOFF. EXCITABILITÉ DE QUELQUES PARTIES DE LA MOELLE ÉPINIÈRE. (*Bulletin de l'Acad. Impér. des Sciences de Saint-Pétersbourg*, VII, décembre 1869.) — J. BUDGE. UEBER DIE REIZBARKEIT, etc. DE L'EXCITABILITÉ DES FAISCEAUX ANTÉRIEURS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE. *Pflüger's Archiv*, II, 1869, p. 511.) — VULPIAN. LEÇONS SUR LA PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX, 1866, et *Bulletin de la Société philomatique de Paris*, 1864.

S'il est généralement admis que les faisceaux antéro-latéraux de la moelle épinière sont les voies de transmission des incitations motrices volontaires, les auteurs sont loin d'être d'accord relativement à l'excitabilité propre de ces faisceaux.

Cette question qui avait déjà soulevé bien des discussions a été l'objet de nouvelles recherches dans ces dernières années.

Nous n'avons pas l'intention de résumer les travaux anciens que l'on trouvera analysés dans la plupart des traités de physiologie, et nous conseillerons de consulter surtout à cet égard les leçons sur la *Physiologie du système nerveux de M. Vulpian*, Paris, 1866; ainsi que le remarquable mémoire de *M. Chauveau, sur l'excitabilité de la moelle épinière* (*Journ. de Phys. de Brown-Séquard*, IV, 1861), ouvrages dans lesquels les vues des divers auteurs sont admirablement discutées.

Rappelons simplement que deux opinions différentes partageaient les physiologistes : la première représentée par Charles Bell, Magendie, Longet, Cl. Bernard, admettant que les faisceaux antérieurs de la moelle sont excitables comme les racines antérieures qui en émergent et que leur excitation provoque des mouvements dans les membres postérieurs; la seconde ayant pour principal représentant Van Deen, auquel se joignirent Calmeil, Brown-Séquard, Schiff, Chauveau, Guttmann, Funke, admettant l'inexcitabilité propre de ces parties de la moelle.

M. Engelken fit, en 1867, sous la direction de M. Fick, des expériences sur la moelle de grenouilles et de lapins; expériences que M. Fick répéta plus tard devant MM. Kölliker et Recklinghausen quand M. Mayer eut mis en doute ses résultats. Ces expériences de MM. Engelken et Fick consistèrent à découvrir la moelle épinière et à la séparer en une moitié antérieure et postérieure au moyen d'une coupe longitudinale. La partie postérieure est renversée en arrière et l'antérieure excitée au moyen d'un courant induit; il se produit

alors des contractions dans les extrémités postérieures qui prouvent l'excitabilité des cordons antérieurs. Ces secousses cessent quand le segment antérieur de la moelle est sectionné transversalement au-dessous de la partie excitée, preuve qu'il n'y a pas de courant dérivé agissant sur les racines antérieures. D'après ces auteurs, ces contractions ne peuvent être de nature réflexe, car l'examen microscopique soigné de la moelle fait par M. Recklinghausen après l'expérience, leur a démontré qu'il restait tout au plus quelques parcelles de substance grise attachée par places aux cordons antérieurs.

M. Wislocky n'a pu confirmer les résultats de M. Engelken, les contractions des extrémités produites par l'excitation des parties supérieures de la moelle n'auraient lieu, selon cet auteur, que lorsque des courants atteignent les racines nerveuses antérieures.

M. Sig. Mayer cherche à prouver que les contractions musculaires observées dans les expériences de M. Fick sont le résultat d'actions réflexes transmises par les cordons postérieurs de la moelle. Si ces cordons ont été séparés avec soin avant l'excitation des faisceaux antérieurs, on n'obtient pas de contractions dans les membres postérieurs par l'excitation des faisceaux antérieurs. Des mouvements des membres postérieurs seraient au contraire très-activement produits d'une manière réflexe par l'excitation des cordons postérieurs.

M. Huizinga dans des expériences faites dans le laboratoire de M. Helmholtz arrive aux mêmes conclusions que M. S. Mayer. L'excitation des cordons antérieurs ne produit, selon lui, jamais de contractions des membres postérieurs tant que l'on évite la transmission de courants aux racines nerveuses. Comme M. S. Mayer, il pense que si les cordons postérieurs ne sont pas complétement détruits, il peut se produire des actions réflexes qui induisent en erreur.

M. Mumm soulève les cordons postérieurs d'une grenouille

jusqu'à la 5me paire de nerfs dorsaux et applique le courant induit ou le courant constant sur les faisceaux antérieurs, et quand il évite la transmission des courants sur les parties voisines, il n'obtient aucune contraction musculaire dans les membres postérieurs. Il pense avec MM. S. Mayer et Huizinga que les contractions obtenues par l'application de courants sur la moelle intacte sont en partie réflexes. Il cherche à prouver ce fait en montrant que si l'on a fait la préparation préalable indiquée ci-dessus et que l'on excite les cordons postérieurs, les plus faibles courants donnent lieu à des mouvements. Si de plus on remet en place les faisceaux postérieurs d'abord soulevés, la plus faible excitation des faisceaux antérieurs donne lieu à des contractions qui ne se produisaient pas avant que les cordons postérieurs fussent remis en contact avec eux.

Pour lui les excitations mécaniques, chimiques, thermiques des cordons antérieurs sont sans résultat, si l'on évite toute action produite sur les racines nerveuses.

Quant à *M. Aladoff*, il fait, sous la direction de M. Cyon, des recherches sur des chiens, des lapins, des grenouilles et arrive aussi à l'opinion de l'inexcitabilité des cordons antérieurs. Les excitations mécaniques et électriques des faisceaux antérieurs furent sans effet quand la substance grise en était éloignée avec soin; mais dès qu'il restait des traces de substance grise attachée aux cordons antérieurs, l'excitation de ces faisceaux donnait lieu à des mouvements. Ce serait là pour MM. Aladoff et Cyon la cause des divergences d'opinion entre les expérimentateurs. M. Aladoff voit dans ses recherches la preuve de l'excitabilité de la substance grise (opinion contraire à celle qui est généralement admise), mais il considère comme très-invraisemblable l'excitabilité des cordons antérieurs.

M. Budge a montré dans des recherches antérieures (Zeitschrift f. rat. Heilk. XXI, 3 u. p. 174) que l'excitation de la moelle épinière fait contracter les muscles de la vessie même

chez des chiens curarisés. Mettant à contribution cette découverte, M. Budge observe chez des chiens curarisés, chez lesquels il excite les cordons antérieurs de la moelle, la contraction de la vessie au moyen d'un tube introduit dans cet organe rempli d'eau; ses expériences le conduisent à admettre l'excitabilité des faisceaux antérieurs.

Nous ne terminerons pas cet article sans insister sur les expériences importantes de M. Vulpian, dont les auteurs analysés ci-dessus ont à peine fait mention.

M. Vulpian, dans ses expériences, emploie les excitants mécaniques qui, pour M. Fick, ne seraient pas assez puissants pour mettre en jeu l'excitabilité propre des cordons antérieurs.

Après avoir coupé sur des chiens et des lapins, la moelle épinière en travers à la partie postérieure de la région dorsale, M. Vulpian pique les parties latérales de la moelle dans l'intervalle des racines nerveuses et toujours, lorsque l'excitation était un peu brusque, il a déterminé des contractions musculaires dans les muscles des lombes et dans ceux des cuisses.

Dans une autre expérience il met à nu la moelle dans une longueur de 7 à 10 centimètres, il la coupe en travers, en avant de la portion ainsi mise à nu, puis il enlève dans une longueur de 5 à 6 centimètres, non-seulement les faisceaux postérieurs et les racines postérieures, mais encore un tiers environ de chaque cordon latéral. En somme il enlève près de la moitié postérieure (supérieure chez les mammifères) de la moelle épinière dans la longueur qui vient d'être indiquée. — Il coupe ensuite toutes les racines antérieures jusqu'au point où se termine en arrière l'ouverture du canal vertébral.

Si alors on vient à pincer en travers ce qui reste de la moelle à 5 ou 10 millimètres en arrière du lieu de la section transversale, il y a immédiatement un brusque mouvement de tout le train postérieur.

Si dans cette expérience on sépare les deux faisceaux antérieurs l'un de l'autre, et que l'on presse l'un ou l'autre de ces faisceaux entre les mors d'une pince, on observe aussitôt de fortes contractions dans le membre postérieur correspondant et des contractions très-nettes, mais beaucoup plus faibles dans le membre postérieur du côté opposé.

M. Vulpian admet donc l'excitabilité des faisceaux antérieurs.

L'excitabilité des faisceaux antérieurs est, on le voit, contestée dans plusieurs des travaux récents parus sur ce sujet. Cette question donnera probablement lieu à de nouvelles recherches; mais nous voudrions voir les expérimentateurs se contenter des excitants mécaniques qui seuls nous paraissent être assez à l'abri des causes d'erreur pour donner des résultats tout à fait concluants. Dr P.

Karl Möbius. Wo kommt die Nahrung für die Tiefseethiere her? D'où provient la nourriture des animaux marins vivant dans les grandes profondeurs? (*Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie*, vol. XXI, 2me cahier, 1871, p. 294.) —A.-M. Edwards. On Guano deposits. Sur les dépôts de guano. (*Bulletin of the Essex Institute*, vol. I, n° 1, 1869, p. 11.) — De Folin et Fischer. Recherches bathymétriques sur la faune de la fosse du cap Breton. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 26 juin 1871, p. 862.)

Parmi les nombreux problèmes qu'a soulevé l'étude des animaux vivant à de grandes profondeurs dans la mer, un de ceux pour lesquels on a proposé les solutions les plus différentes, est relatif à la nourriture servant à entretenir la vie de ces animaux. L'absence de plantes au-dessous d'une certaine limite avait fait supposer à Wallich que les animaux des grandes profondeurs (Rhizopodes) ont la faculté de s'assimiler directement les éléments du milieu dans

lequel ils vivent. Cette supposition a été reprise récemment par Hæckel, qui assigne à ses *Protistes* et en particulier au *Bathybius* une place intermédiaire entre les animaux et les végétaux, et leur fait partager avec ces derniers la faculté de produire par une synthèse directe la substance organisée de leur corps aux dépens des éléments inorganiques au milieu desquels ils vivent. M. W. Thomson a cherché l'origine de la nourriture nécessaire aux animaux des eaux profondes, dans les substances organiques, et en particulier dans les plantes à chlorophylle qui se trouvent dans les régions marines supérieures. L'on a constaté que l'eau de mer contient toujours des éléments nutritifs riches en azote, que M. W. Thomson suppose provenir surtout des plantes et des animaux vivant près des côtes, ainsi que des mers de sargasses qui occupent dans l'Atlantique une superficie de 3,000,000 milles carrés. Ces êtres produisent constamment par leur surface une exsudation muqueuse formant une sorte de protoplasma que les courants et la diffusion transportent dans tous les points de l'Océan et à toutes les profondeurs.

M. Möbius n'admet pas l'hypothèse de Wallich et de Hæckel; il rejette également l'explication de M. W. Thomson, parce que l'on n'a reconnu l'existence de ces substances organiques que par leurs caractères chimiques, et que « tant que l'on n'y a pas constaté les *caractères microscopiques du protoplasma*, l'on n'a pas le droit de leur appliquer ce dernier nom. » Cette objection nous paraît être basée sur une question de forme plutôt que de fond. Le nom de protoplasma a été pris par certains auteurs dans des sens très-différents et beaucoup plus vagues que celui que lui donnent aujourd'hui la plupart des histologistes; M. W. Thomson l'a employé évidemment dans une acception plus large que M. Möbius. D'ailleurs, si les matières azotées répandues dans la mer, et provenant d'un suintement de la surface des êtres vivants, peuvent fournir des substances alimentaires aux animaux des

grandes profondeurs, peu importe le nom qu'on donne à ces substances; elles n'ont pas besoin d'être vivantes comme le protoplasma; c'est leur rôle nutritif qui doit seul être en question.

M. Maury, ainsi que le rappelle M. Möbius, ne fait provenir la masse organique du fond de la mer que des animaux qui sont tombés de la surface. Selon le savant auteur de la « Géographie physique de la mer, » les restes des êtres vivants, qui abondent surtout dans les régions tropicales, sont entraînés par les courants et tombent enfin dans les profondeurs comme des flocons de neige. Après des siècles, le fond de la mer s'est ainsi recouvert d'un manteau de substances organiques. Mais, nous devons établir aujourd'hui une distinction entre les substances organiques non vivantes, qui peuvent avoir été déposées au fond de la mer, et ces êtres vivants d'une nature sarcodique simple observés d'abord par Wallich et étudiés par Huxley, puis par Carpenter et Thomson et par Hæckel.

M. Möbius indique à son tour une voie par laquelle, selon lui, arrivent constamment au fond de la mer de grandes masses de substances nutritives organiques et en particulier végétales. C'est par un glissement lent, le long des pentes sous-marines, de ces substances organiques désagrégées et en partie décomposées, que se ferait l'apport de la nourriture nécessaire aux animaux des grandes profondeurs.

Dans leurs intéressantes recherches sur la faune du golfe de Kiel, MM. Meyer et Möbius ont reconnu que le sol de ce petit golfe pouvait être divisé en cinq régions, qui sont celles: *a)* du rivage de sable, *b)* des algues vertes, *c)* des algues mortes et en décomposition, *d)* des algues rouges, et *e)* de la vase noire; cette dernière région est formée d'une fine bouillie occupant sur une grande épaisseur la partie la plus basse du golfe et ayant une surface horizontale ou très-peu inclinée. L'origine de cette couche est due aux plantes des régions supérieures qui, lorsqu'elles sont mortes, se divisent

en parties de plus en plus petites et glissent enfin jusque dans la plus grande profondeur qu'elles puissent atteindre.

Ces masses organiques, présentant souvent encore une structure reconnaissable, servent de nourriture à une foule d'animaux qui, à leur tour, deviennent la proie des espèces carnassières, de sorte que la drague ramène de ces profondeurs des quantités considérables d'animaux qui vivent plongés dans cette vase nutritive.

M. Möbius a fait deux expériences destinées à reproduire, dans des aquariums, les phénomènes de transport par glissement qui, dans la nature, doivent se passer le long des côtes. Ces deux expériences étant très-semblables entre elles, nous rapporterons seulement la seconde.

L'aquarium employé avait 53 centimètres de long, 28 de large et 16 de haut. Les deux cinquièmes du fond furent garnis d'une couche d'argile qui s'appuyait contre l'une des petites parois; la surface de cette argile formait une pente de 12° à 15°, et son bord inférieur était échancré dans le milieu. L'aquarium fut rempli d'eau de mer. L'argile fut ensuite recouverte de vase prise dans le port et peuplée de divers animaux, tels que les *Scrobicularia alba*, *S. piperata*, *Tellina balthica*, des Annélides, etc. Cette vase formait d'abord un talus d'environ 20°, présentant de petites dépressions et des monticules. La surface devint unie dès le jour suivant; puis l'angle du talus diminua graduellement. La température de l'eau était de 12,5° R. M. Möbius mit au-dessus du sommet du talus un sac de caoutchouc rempli de glace et maintenu près de la surface de l'eau. Il s'établit aussitôt le long du talus un courant descendant qui persista tant que la glace ne fût pas entièrement fondue; la différence de température entre le fond et la surface n'était que de $^1/_2$° R. Toutes les substances qui étaient soulevées par le mouvement des animaux à la surface de la vase, ou celles qui étaient rejetées par les siphons des Mollusques, subissaient l'influence de ce courant et étaient amenées à 10 ou 15^{mm} en aval de leur point

de départ. Le petit golfe formé par le bord inférieur du talus fut bientôt comblé, l'angle d'inclinaison diminua fortement et la partie horizontale de l'aquarium s'était déjà recouverte, au bout de 16 jours, d'une épaisseur de 3 à 4^{mm} de vase habitée par des Vers, des Mollusques et un nombre considérable d'Infusoires.

De cette expérience et de la précédente, qui n'en différait presque pas, l'auteur conclut que *les forces mécaniques, thermiques et vivantes ont agi ensemble pour produire une progression des substances organiques depuis les régions supérieures aux inférieures.* Il fait suivre cette conclusion de quelques considérations qui, dans de certaines limites, sont incontestablement vraies. Ainsi, lorsque dans les hautes régions le volume des parties constituantes du sol augmente par suite d'une élévation de température, cette expansion doit faire mouvoir la masse de haut en bas sous l'action de la pesanteur. Les courants descendants emmènent avec eux de légères particules organiques. Par leurs mouvements, par la construction de leurs tubes, la recherche de leur nourriture, le rejet des substances qu'ils n'ont pas digérées, leur respiration, leur croissance, etc., les animaux habitant le sol sous-marin dissocient les parties constituantes de ce sol et les maintiennent dans un mouvement continuel qui les met à la merci des courants descendants. L'action des marées et des vents est puissante dans les régions supérieures. Les différences de température, surtout considérables aux changements de saisons, produisent dans les grandes profondeurs des courants dus à l'eau descendante qui, par le refroidissement et l'augmentation relative de la quantité de sel, est devenue plus lourde que celle qui se trouve au-dessous d'elle. Il faut ici se rappeler que les conditions ne sont pas les mêmes pour l'eau de mer que pour l'eau douce. En effet, l'eau de mer ordinaire (ayant 3,2 à 3,4 °/₀ de sels) n'atteint son maximum de densité que lorsqu'elle s'est refroidie au-dessous de son point de congélation (— 20° R.) Lorsqu'elle

subit un refroidissement, elle descend jusqu'à ce qu'elle arrive à une couche de sa densité ou sur le sol. Si elle gèle en route, l'eau douce qui s'est séparée sous forme de glace, monte, et l'eau de mer, devenue plus salée et par conséquent plus lourde, descend toujours plus bas. L'auteur conclut de ces lois que les courants descendants doivent jouer un rôle des plus importants dans les causes qui amènent les substances organiques au fond de la mer; l'action qu'ils ont est d'autant plus puissante que dans la zone tempérée et dans la zone froide elle commence à se faire surtout sentir au moment où la végétation aquatique a acquis son plus grand développement annuel, et où de fortes tempêtes ont fait rage dans les champs de fucus et d'algues.

M. Möbius reconnaît bien qu'il y a une énorme disproportion entre son aquarium, ou même un petit golfe comme celui de Kiel, et un océan comme l'Atlantique; mais il pense que par des *actions prolongées* la nature peut produire, dans de grands espaces, les mêmes effets qu'elle produit en peu de temps dans de petits espaces. Nous avouons que cette assertion ne peut pas, dans le cas dont il s'agit, nous convertir complétement. Une lettre récente de M. W.-B. Carpenter [1], sur les courants marins, montre combien les expériences sont impuissantes à reproduire les faits dans les proportions où ils se présentent dans la nature. Pour reproduire expérimentalement les conditions qui font que l'eau profonde n'a guère plus de 0° près de l'équateur, il faudrait un bassin dans lequel la longueur serait à la profondeur =2,500 : 1. Il nous est en outre difficile de comprendre comment ces substances organiques amenées des champs d'algues voisins du rivage, pourraient s'avancer indéfiniment sur cette vaste plaine sous-marine de l'Atlantique, que l'on a appelée le « plateau télégraphique. » A une certaine distance des côtes, la pente générale cesse à peu près complétement; les substances qui ne sont pas entraînées par un courant violent

[1] « Nature, » 6 juillet 1871.

doivent s'arrêter contre les montagnes sous-marines ou s'entasser au fond des vallées, sans pouvoir continuer leur route. Enfin, une action extrêmement lente et prolongée peut-elle se concilier avec la nature même du fait qu'il s'agit d'expliquer. Si, comme le pense M. Möbius, les animaux qui habitent les grandes profondeurs ont besoin, pour leur nourriture, de substances organiques provenant des êtres vivants qui peuplent les côtes, ces substances doivent être consommées à mesure qu'elles arrivent dans les régions arides des profondeurs, et elles ne peuvent pas parvenir bien loin de leur point de départ en traversant continuellement des zones habitées.

Malgré ces objections, que nous croyons pouvoir présenter contre une trop grande extension donnée aux conclusions déduites des expériences de M. Möbius, il nous paraît hors de doute que, dans des limites plus ou moins restreintes, les phénomènes qu'elles mettent en relief ont une influence réelle sur certaines des régions sous-marines, et par conséquent sur les animaux qui les habitent.

Un nouvel intérêt s'attacherait à ces études sur la nature et l'origine des dépôts organiques du fond de la mer, si les idées émises récemment par le professeur A.-M. Edwards, de New-York, venaient à se confirmer. M. Edwards s'est occupé depuis plusieurs années de l'étude chimique et microscopique soit des guanos, soit des dépôts d'Infusoires (Infusorial deposits) que l'on rencontre sur divers points du globe, et en particulier sur les côtes du Pacifique, de l'Amérique du Nord, du Pérou et du Japon. Les dépôts d'Infusoires qui se trouvent dans la chaîne parallèle à la côte du Pacifique, entre le territoire de Washington et la Basse-Californie, contiennent des débris siliceux de Diatomées et de Polycystines, dont plusieurs formes sont identiques à celles qui vivent aujourd'hui dans la mer voisine. Dans ces couches, l'on a découvert le petroleum ou bitume de Californie, qui leur a fait donner le nom de « Bitumineous shales. » En face de la côte se trou-

vent plusieurs îles portant, pour la plupart, sur leur sommet, des couches de guano d'une plus ou moins grande valeur commerciale. L'on doit remarquer que cette région subit un soulèvement lent et graduel ; les géologues de l'exploration américaine ont constaté, dans cette région, l'existence de trois anciennes lignes de côtes.

Dans les différents points du globe où l'on rencontre des dépôts d'Infusoires marins, l'on remarque qu'ils se présentent accompagnés des mêmes circonstances qu'en Californie, c'est-à-dire que l'on trouve avec eux un bitume, et des îles à guano dans le voisinage. Ainsi à Payta, au Pérou, le docteur C.-F. Winslow a trouvé un dépôt d'Infusoires presque identique à celui de la Californie ; près de là il y avait du bitume, et en face de la côte se trouvaient les Galapagos, Chinchas, Lobos et autres célèbres îles à guano. Dans les îles Chinchas, les roches recouvertes immédiatement par le guano sont volcaniques et évidemment de formation très-récente. Des coïncidences semblables entre l'existence des dépôts d'Infusoires, de bitume et de guano ont été observées également au Japon, dans le nord de l'Afrique et dans la mer Caraïbe.

De ces faits rapprochés de certaines observations microscopiques et chimiques, M. Edwards arrive à la singulière conclusion que le guano n'est pas dû à l'accumulation de fientes d'oiseaux, mais à des substances animales et végétales mortes, déposées au fond de l'Océan. Celles-ci ont été émergées avec les îles qui les portent et sont devenues la substance connue sous le nom de guano à la suite des changements chimiques qui ont agi sur elles soit avant, soit après leur émersion. Mais lorsque ces débris organiques ont subi l'action de la pression et de la chaleur provenant de sources volcaniques, elles ont donné naissance à des carbures d'hydrogène tels que ceux que l'on trouve dans les bitumes, tandis que les parties inorganiques sont restées agglomérées en une roche poreuse constituée principalement par les carapaces siliceuses des animaux et des végétaux.

M. Edwards cite, d'après une personne qu'il ne nomme pas (« a gentleman connected with the guano trade ») un fait qui, s'il était confirmé, serait bien concluant en faveur de son hypothèse. A la suite d'une action volcanique, l'on aurait vu surgir dans le voisinage des Chinchas, une île sur le sommet de laquelle on aurait trouvé du guano. M. Edwards ajoute aussi que les fientes d'oiseaux accumulées peuvent bien être employées comme engrais; mais ce dépôt ne constitue pas le guano proprement dit, et, dans l'Amérique du Sud, les deux substances sont désignées sous des noms différents.

Nous pouvons espérer que la solution de certaines des questions relatives à la vie animale au fond des mers ne se fera pas longtemps attendre. L'ardeur pour les draguages à grandes profondeurs ne paraît pas se ralentir, loin de là. Les zoologistes français, qui étaient restés jusqu'à présent à l'écart, semblent vouloir entrer aussi en lice, et si leurs recherches ne sont pas instituées sur une échelle aussi grandiose que celles des Anglais et des Américains, elles nous promettent néanmoins un contingent de faits intéressants. MM. de Folin et Fischer ont exploré avec la drague la fosse du Cap Breton, dépression située non loin de l'embouchure de l'Adour et dans laquelle la sonde descend jusqu'à 1155 pieds. Ils ont trouvé entre 70 et 90 brasses une vase molle avec laquelle l'on ramène des coquilles (*Nassa semistriata, Ringicula buccinea, Mangelia brachystoma, Tellina compressa*), tantôt avec l'animal, tantôt dans un état de fossilisation qui rappelle les marnes de Saubrigues relevées dans le département des Landes et se prolongeant peut-être au fond de la mer. Il semblerait donc que les espèces en question se seraient perpétuées sur place depuis l'époque miocène moderne. Dans la même vase, ces naturalistes ont trouvé le *Dentalium Janii*, Hörnes, espèce décrite comme fossile du miocène. Ainsi qu'ils le font remarquer, l'on découvre chaque jour dans les profondeurs des espèces qui étaient considérées comme éteintes. A 45 brasses, et sur un fond rocheux, ils ont rencontré 6 espèces de Brachiopodes.

Sur plusieurs points des côtes d'Europe, l'on poursuit les recherches inaugurées par les naturalistes anglais et norwégiens. L'Amérique, de son côté, ne restera pas en arrière, et cette fois c'est vers les rivages du Pacifique que se porteront les efforts principaux. Un steamer, aménagé en vue du but spécial que l'on se propose, viendra par le Cap Horn sur les côtes de la Californie, où doivent se faire les draguages sous la direction de MM. Agassiz et Pourtalès. C'est un citoyen américain, M. Thayer, le même qui avait défrayé le voyage au Brésil d'Agassiz, qui subviendra aux dépenses de cette nouvelle expédition, évaluées à environ 15,000 dollars.

D'autre part, MM. Stimpson et Milner se proposent de faire des recherches dans le lac Michigan, où l'on a déjà trouvé, à 300 pieds et au-dessous, des types marins de crustacés et de poissons. A. H.

Prof. Dr C. WESTPHAL. UEBER KÜNSTLICHE ERZEUGUNG, etc. DE LA PRODUCTION ARTIFICIELLE DE L'ÉPILEPSIE CHEZ LES COCHONS D'INDE. (*Berliner klinische Wochenschrift*, 1871, n° 38.)

M. le prof. Westphal, répétant les expériences de M. Brown-Séquard, a produit chez des cochons d'Inde, soit par des hémisections ou des sections complètes de la moelle épinière, soit par la section de l'un ou des deux nerfs sciatiques, une affection convulsive tout à fait analogue à l'épilepsie. Au bout de quelques semaines, les animaux ainsi opérés présentent une insensibilité de la joue et de l'épaule du côté correspondant à la lésion médullaire ou nerveuse, ou des deux côtés si la lésion a été bilatérale, et il suffit de chatouiller ou de pincer cette région que M. Brown-Séquard nomme *zone épileptogène*, pour déterminer une attaque convulsive.

Dans les cas où l'attaque est légère, elle est simplement caractérisée par un grattage de la zone épileptogène, effectué par l'un des membres postérieurs.

Nous rappellerons que nous avons observé les mêmes

phénomènes chez des cochons d'Inde auxquels nous avions fait une amputation de cuisse [1].

M. Westphal produit encore l'épilepsie par un autre procédé. Ce savant, plaçant la tête d'un cochon d'Inde sur un corps résistant comme une table, percute le crâne de l'animal au moyen d'un petit marteau, et produit ainsi une commotion cérébrale qui souvent donne lieu, immédiatement ou après un intervalle d'une minute, à une attaque convulsive analogue à celle qui se montrait après quelques semaines dans les expériences de M. Brown-Séquard.

Quelquefois la commotion étant trop violente, l'animal offre une gêne de la respiration et succombe dans le coma.

Dans d'autres cas plus heureux, l'animal survit, et après deux ou trois semaines survient une affection convulsive tout à fait semblable à celle qu'à décrite M. Brown-Séquard. La zone épileptogène est ordinairement double, quoique plus développée d'un côté que de l'autre, et offre son maximum au niveau de l'angle du maxillaire inférieur.

L'examen anatomique des centres nerveux fait avec soin par M. Westphal lui a toujours fait découvrir de petits foyers hémorrhagiques siégeant soit dans le bulbe rachidien, soit dans la moelle cervicale.

M. Westphal a observé que deux jeunes cochons d'Inde nés d'une mère rendue épileptique par l'opération ci-dessus décrite, étaient eux-mêmes épileptiques sans avoir subi d'opération; c'est là un exemple d'hérédité de l'épilepsie artificielle que M. Westphal rapproche de ceux qui ont été cités par M. Brown-Séquard.

M. Westphal a observé chez l'homme plusieurs cas d'épilepsie spontanée, dans lesquels le pincement de la région où se distribue le nerf sous-orbitaire donnait lieu à des attaques convulsives, et qui peuvent être rapprochés des résultats expérimentaux qu'il rapporte. D[r] P.

[1] *Mémoires de la Société de Phys. et d'Hist. natur. de Genève*, XXI, p. 357, et *Bull. de la Soc. médic. de la Suisse romande*, 1870, p. 330.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1871.

---

e 4, à 10 h. soir, éclairs et tonnerres à l'Est.
5, à 10 h. soir, éclairs à l'Est.
6, rosée le matin.
11, de 1 à 3 h., éclairs et tonnerres, direction de l'orage Sud au Nord.
12, à 7 h. soir, éclairs et tonnerres.
15, toute la soirée éclairs au Sud.
16, à 10 h. soir, éclairs au Sud et à l'Ouest.
17, à 2 h. après midi, éclairs et tonnerres au Sud.
19, forte rosée le matin.
20, à 3 h., faible halo solaire; le soir, couronne lunaire et halo lunaire.
23, rosée le matin; à 8 h., halo solaire avec deux parhélies; plus tard dans la journée, simple halo solaire.
24, de 6 à 7 h. matin, éclairs et tonnerres, direction de l'orage S.-O. à N.-E; dans la matinée, on entend encore à plusieurs reprises le tonnerre d'orages lointains. A 3 h. après midi, éclate un violent orage venant de la direction O.-S.-O., accompagné d'une très-forte averse qui a duré une demi-heure, pendant laquelle il est tombé 11 mill. Cette averse était mêlée de grêlons, qui atteignaient un diamètre de 25 à 30 millimètres; la plupart avaient des formes très-irrégulières, le noyau était opaque et arrondi et entouré de glace parfaitement transparente, terminée par des arêtes vives.
27, de midi à 1 h., halo solaire; à 6 h. 20 m., orage, avec éclairs et tonnerres.
28, à 2 h., halo solaire.
30, rosée le matin; vers 11 h., on entend le tonnerre dans le lointain pendant un quart d'heure.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 1	à 8 h. matin	733,29
5	à 10 h. soir	731,00
16	à 10 h. matin	730,79
22	à 10 h. soir	728,10
30	à 10 h. soir	726,81

MINIMUM.

		mm
Le 4	à 4 h. après m.	727,05
8	à 4 h. après m.	722,03
21	à 4 h. après m.	718,91
26	à 8 h. matin	715.55

mois.	moy. des 24 h.	la hauteur normale.	des 24 heures	avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	moy. des 24 h.	avec la tension normale.	moy. des 24 h.	avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	tomb. d. les 24 h.	nb. d'h.	nant.	du Ciel.	Midi.	écart avec la temp. normale.	Limn.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	732,44	+ 4,78	+20,13	+3,76	+14,3	+27,9	12,80	+2,59	740	— 2	530	890	...	...	variable	0,27	21,0	+ 2,8	209
2	732,18	+ 4,55	+22,19	+5,93	+16,6	+30,0	12,58	+2,41	667	— 77	370	890	...	...	variable	0,19	20,3	+ 2,2	208
3	729,30	+ 1,70	+20,60	+4,45	+14,1	+27,1	13,10	+2,97	735	— 12	520	910	...	...	N. 1	0,36	—	—	208
4	728,08	+ 0,51	+23,06	+7,02	+15,7	+30,0	11,94	+1,85	592	—157	370	850	...	...	SSO. 1	0,29	20,8	+ 2,8	207
5	729,99	+ 2,44	+21,75	+5,83	+14,9	+30,3	12,38	+2,33	659	— 93	360	890	...	...	N. 1	0,27	20,9	+ 3,0	206
6	729,81	+ 2,28	+21,96	+6,16	+15,8	+29,9	12,05	+2,04	634	—120	400	860	...	...	variable	0,16	21,7	+ 3,8	205
7	728,91	+ 1,41	+21,08	+5,40	+14,2	+26,7	10,26	+0,29	572	—185	350	730	...	...	variable	0,24	21,9	+ 4,1	205
8	724,79	— 2,68	+19,38	+3,82	+14,5	+24,2	10,55	+0,62	648	—111	490	840	2,0	2	variable	0,77	21,7	+ 3,9	205
9	725,58	— 1,86	+18,46	+3,03	+15,4	+23,4	10,19	+0,30	677	— 85	450	860	...	...	SSO. 1	0,49	19,7	+ 2,0	205
10	725,81	— 1,60	+17,87	+2,57	+13,0	+22,6	11,05	+1,20	727	— 37	550	870	...	...	N. 1	0,40	—	—	204
11	724,92	— 2,46	+17,36	—0,22	+13,7	+24,9	11,88	+2,07	826	+ 59	570	950	10,2	5	variable	0,78	20,5	+ 2,9	202
12	725,40	— 1,96	+17,34	—0,18	+14,2	+25,5	12,52	+2,75	848	+ 79	610	980	4,2	1	NNE. 1	0,63	19,3	+ 1,8	201
13	726,05	— 1,28	+16,38	—1,08	+12,1	+21,1	10,14	+0,41	743	— 28	620	950	...	...	NNE. 1	0,23	19,7	+ 2,2	200
14	728,84	+ 1,54	+16,31	—1,09	+12,8	+21,7	10,24	+0,55	752	— 22	640	900	...	...	N. 1	0,14	19,9	+ 2,5	200
15	729,53	+ 2,27	+17,29	—0,05	+12,8	+21,9	10,75	+1,09	746	— 31	560	860	0,3	...	N. 1	0,20	19,9	+ 2,6	197
16	729,87	+ 2,64	+18,28	+1,01	+14,5	+23,3	11,43	+1,82	756	— 23	500	950	...	...	variable	0,32	20,0	+ 2,7	195
17	727,84	+ 0,65	+16,27	—0,92	+12,2	+22,2	10,44	+0,89	777	— 5	580	950	0,2	1	variable	0,82	—	—	195
18	724,23	— 2,93	+16,48	—0,63	+12,0	+20,7	9,96	+0,47	736	— 49	560	940	...	...	variable	0,51	19,5	+ 2,4	194
19	724,88	— 2,24	+13,64	—3,38	+ 8,1	+18,8	8,14	—1,30	719	— 68	500	980	...	...	N. 1	0,08	19,5	+ 2,5	194
20	724,60	— 2,49	+12,65	—4,28	+ 7,1	+17,9	8,22	—1,16	762	— 28	600	900	...	...	N. 1	0,27	19,4	+ 2,5	194
21	719,34	— 7,72	+12,39	—4,43	+11,0	+15,0	10,35	+1,02	979	+187	850	1000	23,2	14	variable	0,94	18,7	+ 1,9	194
22	724,31	— 2,71	+15,06	—1,65	+12,0	+19,0	9,57	+0,30	768	— 27	590	860	1,8	2	SSO. 2	0,63	16,3	— 0,4	192
23	726,04	— 0,95	+15,80	—0,80	+ 8,2	+22,7	9,20	—0,01	702	— 95	440	950	...	...	SSO. 1	0,47	13,3	— 3,3	190
24	722,26	— 4,69	+17,09	+0,59	+14,8	+21,9	10,34	+1,18	736	— 63	550	850	16,5	8	SSO. 2	0,91	—	—	188
25	719,82	— 7,10	+17,53	+1,14	+14,4	+23,0	10,56	+1,46	736	— 65	510	890	...	...	variable	0,78	16,3	— 0,1	180
26	717,39	— 9,50	+14,43	—1,85	+11,9	+17,2	10,09	+1,04	842	+ 39	730	960	18,4	12	SSO. 1	0,97	14,9	— 1,4	178
27	720,12	— 6,73	+15,16	—1,02	+10,9	+20,2	9,18	+0,19	744	— 61	490	940	8,3	2	SO. 1	0,58	14,8	— 1,4	176
28	723,63	— 3,19	+14,82	—1,25	+11,6	+18,2	6,71	—2,22	572	—235	420	750	...	...	SSO. 2	0,57	9,9	— 6,2	175
29	725,27	— 1,51	+13,49	—2,48	+ 9,0	+18,0	9,01	+0,13	793	— 16	630	910	...	...	N. 1	0,22	11,0	— 5,0	175
30	725,77	— 0,98	+16,57	+0,70	+13,5	+20,0	10,06	+1,24	731	— 80	580	850	5,6	4	SSO. 1	0,90	12,9	— 3,0	175

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,42	729,53	729,44	728,82	728,04	727,58	727,57	728,15	728,49
2e »	726,93	727,25	727,27	726,74	726,01	725,77	725,91	726,43	726,84
3e »	722,02	722,55	722,58	722,74	722,13	721,93	722,39	723,26	723,51
Mois	726,12	726,45	726,43	726,10	725,39	725,10	725,29	725,95	726,28

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Température.									
	o		o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+15,42	+19,38	+22,26	+24,80	+26,14	+24,76	+23,16	+21,01	+19,72
2e »	+12,70	+15,22	+17,43	+19,16	+20,10	+20,03	+18,69	+16,40	+15,18
3e »	+13,04	+15,14	+17,08	+17,79	+18,74	+18,03	+16,24	+14,91	+14,47
Mois	+13,72	+16,58	+18,92	+20,58	+21,66	+20,94	+19,36	+17,44	+16,46

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,26	11,85	11,58	11,40	11,12	12,49	12,63	12,86	[illegible]
2e »	10,14	10,40	10,43	10,41	10,72	10,96	10,80	11,02	10,57
3e »	9,52	9,57	9,66	9,94	9,81	9,67	9,80	10,02	9,65
Mois	10,30	10,60	10,56	10,58	10,55	11,04	11,07	11,30	10,77

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	859	710	583	495	445	545	600	696	[illegible]
2e »	917	800	701	612	610	632	670	792	[illegible]
3e »	854	755	670	663	621	638	717	793	[illegible]
Mois	877	755	651	590	559	605	662	760	[illegible]

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	cm
1re décade	+14,85	+27,21	0,34	21,00	2,0	206,2
2e »	+11,95	+21,80	0,40	19,74	14,9	197,2
3e »	+11,73	+20,52	0,70	14,23	73,8	182,3
Mois	+12,84	+23,18	0,48	18,22	90,7	195,2

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,63 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 60°,1 O., et son intensité est égale à 24,5 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1871.

Le 1, de 1 à 2 1/2 h. du matin, orage avec éclairs et tonnerres.
4, à 5 h. soir, tonnerres au Nord.
5, brouillard le matin.
8, id. presque tout le jour.
9, id. tout le jour.
10, id. le matin, faible bruine.
11, id. tout le jour.
12, id. jusqu'à 6 h. soir, puis clair.
14, id. jusqu'à 10 h. matin, puis clair.
16, id. jusqu'à 6 h. soir, puis clair.
17, id. presque tout le jour; grésil à 1 h., puis faible pluie.
18, id. tout le jour.
20, id. le soir.
21, pluie mêlée d'un peu de neige.
22, brouillard presque tout le jour.
24, id. tout le jour.
25, id. le soir.
26, id. tout le jour.
27, id. depuis 2 heures.
30, id. le matin et le soir; à 5 1/2 h. soir, tonnerres au Nord, pluie mêlée de neige.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. soir	574,63	Le 4 à 6 h. matin	571,31
5 à 10 h. soir	572,99	9 à 6 h. matin	565,72
16 à 10 h. matin	570,67	21 à 6 h. soir	560,54
23 à 8 h. matin et midi	566,91	26 à 6 h. matin	556,81
29 à 10 h. soir	568,68		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	574,09	+ 5,94	573,36	574,63	+ 9,72	+ 4,64	+ 8,0	+11,9	.....	6,2	....	calme	0,50
2	574,01	+ 5,91	573,89	574,45	+ 9,58	+ 4,59	+ 8,2	+12,2	.....	.....	....	NE. 1	0,59
3	571,95	+ 3,91	571,51	572,58	+10,52	+ 5,62	+ 7,3	+13,4	.....	.....	....	variable	0,33
4	571,53	+ 3,55	571,31	572,09	+ 9,73	+ 4,92	+ 5,7	+12,8	.....	.....	....	SO. 1	0,66
5	572,56	+ 4,94	572,00	572,99	+ 9,70	+ 4,98	+ 7,2	+12,8	.....	.....	....	SO. 1	0,49
6	572,21	+ 4,35	571,75	572,67	+ 9,57	+ 4,95	+ 7,0	+12,7	.....	.....	....	SO. 1	0,01
7	571,05	+ 3,26	570,60	571,70	+ 9,97	+ 5,45	+ 7,2	+12,8	.....	.....	....	SO. 1	0,30
8	567,78	+ 0,06	566,62	569,21	+ 7,62	+ 3,20	+ 6,5	+ 9,3	.....	.....	....	SO. 2	0,76
9	566,43	— 1,22	565,72	567,46	+ 5,71	+ 1,39	+ 3,8	+ 8,8	.....	.....	....	variable	0,86
10	567,66	+ 0,08	567,34	567,93	+ 7,45	+ 3,24	+ 3,8	+10,3	.....	.....	....	SO. 1	0,56
11	566,73	— 0,78	566,60	567,32	+ 6,19	+ 2,09	+ 5,0	+ 8,3	.....	.....	....	SO. 1	0,84
12	566,42	— 1,02	566,28	566,67	+ 5,79	+ 1,80	+ 5,2	+ 8,2	.....	4,2	2	NE. 1	0,66
13	567,19	— 0,18	566,17	568,31	+ 6,95	+ 3,07	+ 4,2	+10,0	.....	.....	....	calme	0,13
14	569,66	+ 2,36	568,62	570,27	+ 7,12	+ 3,36	+ 5,2	+10,4	.....	.....	....	SO. 1	0,46
15	570,16	+ 2,94	569,81	570,59	+ 7,29	+ 3,65	+ 5,1	+10,3	.....	.....	....	NE. 1	0,20
16	570,30	+ 3,16	570,15	570,67	+ 6,47	+ 2,95	+ 5,0	+ 8,5	.....	.....	....	variable	0,72
17	567,96	+ 0,90	567,03	569,04	+ 5,02	+ 1,62	+ 3,8	+ 8,2	.....	4,8	1	NE. 1	0,81
18	564,12	— 2,86	563,65	564,88	+ 3,15	— 0,12	+ 2,2	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,94
19	564,22	— 2,68	563,53	564,80	+ 2,95	— 0,20	+ 0,6	+ 5,2	.....	.....	....	NE. 1	0,09
20	564,89	— 1,93	564,47	565,27	+ 4,66	+ 1,64	+ 2,8	+ 6,9	.....	.....	....	SO. 1	0,46
21	561,05	— 5,69	560,54	561,74	+ 1,17	— 1,72	+ 0,4	+ 3,6	.....	50,7	6	SO. 2	0,89
22	564,33	— 2,32	561,17	566,28	+ 3,05	+ 0,29	+ 1,3	+ 5,6	.....	2,7	1	NE. 1	0,72
23	566,66	+ 0,10	566,50	566,91	+ 6,00	+ 3,37	+ 2,8	+ 9,0	.....	.....	....	SO. 1	0,41
24	564,26	— 2,22	563,45	563 85	+ 3,02	+ 0,52	+ 1,4	+ 6,3	.....	12,7	....	variable	0,90
25	561,89	— 4,51	560,50	562,93	+ 4,28	+ 1,92	+ 1,8	+ 7,4	.....	.....	....	SO. 1	0,89
26	559,08	— 7,23	556,81	561,93	+ 1,11	— 1,11	0,0	+ 3,5	.....	12,0	....	NE. 1	0,94
27	562,11	— 4,11	561,83	562,79	+ 3,47	+ 1,39	+ 2,0	+ 6,1	10	5,5	....	SO. 1	0,70
28	563,44	— 2,69	561,53	565,53	+ 2,97	+ 1,03	+ 0,6	+ 5,4	.....	.....	....	variable	0,54
29	567,40	+ 1,36	565,42	568,68	+ 5,95	+ 4,15	+ 3,8	+ 9,6	.....	.....	....	SO. 1	0,54
30	566,64	+ 0,69	565,19	568,28	+ 3,93	+ 2,27	+ 0,2	+ 8,4	.....	14,0	4	SO. 1	0,83

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
écade	571,00	571,20	571,20	571,09	570,90	570,80	570,80	570,93	571,02
»	566,98	567,31	567,42	567,32	567,13	567,06	567,17	567,28	567,43
»	563,04	563,68	563,76	563,87	563,65	563,66	563,82	564,08	564,21
s	567,01	567,40	567,46	567,43	567,23	567,17	567,26	567,43	567,55
				Température.					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ade	+ 6,84	+ 9,01	+10,19	+11,03	+11,17	+10,38	+ 9,78	+ 8,63	+ 8,18
	+ 4,08	+ 5,88	+ 7,05	+ 7,58	+ 7,55	+ 6,59	+ 5,54	+ 5,34	+ 5,00
	+ 2,28	+ 3,21	+ 5,01	+ 6,01	+ 5,79	+ 5,05	+ 3,48	+ 2,62	+ 2,59
	+ 4,40	+ 6,03	+ 7,42	+ 8,21	+ 8,17	+ 7,34	+ 6,27	+ 5,53	+ 5,26

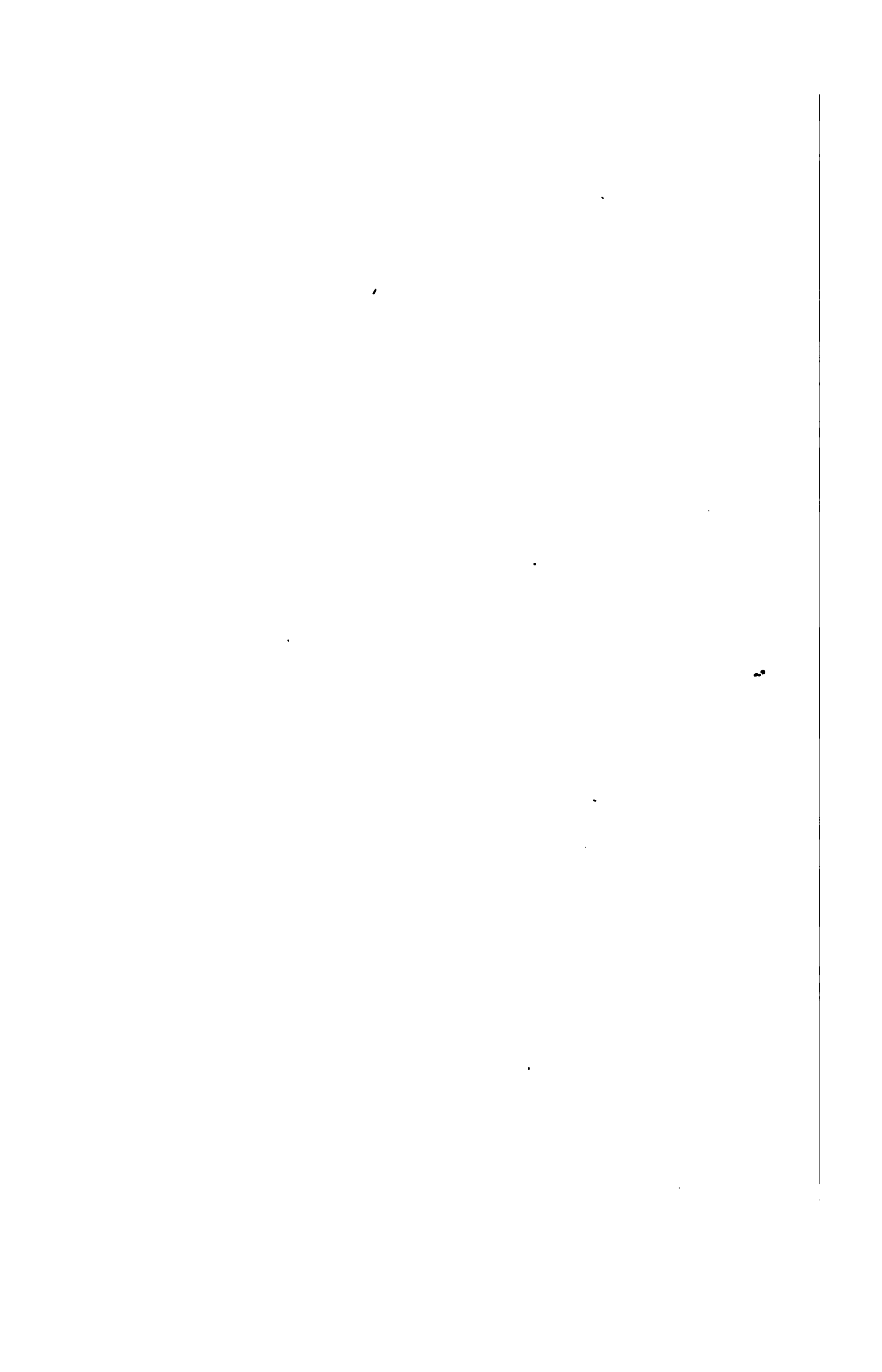
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
ade	+ 6,67	+11,70	0,50	6,2	—
	+ 3,91	+ 8,10	0,53	9,0	—
	+ 1,43	+ 6,49	0,74	97,6	10
s	+ 4,00	+ 8,76	0,59	112,8	10

ans ce mois, l'air a été calme 14 fois sur 100.

rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,60 à 1,00.

direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son in-
est égale à 25,2 sur 100.

ir la note du tableau.



DE L'INFLUENCE PRÉTENDUE
DE LA CALCINATION
SUR LA
CHALEUR DE DISSOLUTION DES OXYDES MÉTALLIQUES
PAR
M. C. MARIGNAC.

Dans des mémoires récemment publiés [1], M. A. Ditte signale le résultat singulier auquel il est parvenu en déterminant la chaleur de dissolution dans l'acide sulfurique de la magnésie et de l'oxyde de zinc. Les chaleurs dégagées dans ces réactions croissent, suivant lui, à mesure que ces oxydes ont été soumis à l'action d'une température plus élevée, et cela dans une proportion très-considérable. Ainsi, pour un gramme de chacun de ces oxydes, suivant qu'il a été préparé aux températures de 350°, 440°, du rouge sombre ou du rouge blanc, on aurait les chaleurs de dissolution suivantes :

	Magnésie.	Oxyde de zinc.
350°	832°,8	244°,2
440°	920,8	«
Rouge sombre....	961,7	272,0
Rouge blanc......	1004,7	299,7

Un tel résultat, l'auteur le reconnaît lui-même, est en contradiction avec toutes les analogies et les idées admises

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LXXII, p. 858, et tome LXXIII, p. 191.

sur l'effet produit par la calcination sur d'autres substances.

La grandeur des différences observées par M. Ditte est si considérable qu'elles devraient se manifester avec une parfaite évidence dans de simples expériences consistant à mesurer la température du liquide acide dans lequel s'opère la dissolution. Curieux de vérifier ainsi une anomalie aussi singulière, j'ai tenté ces essais; mais les résultats ont été si peu d'accord avec les observations de M. Ditte, que j'ai tenu à les répéter un grand nombre de fois en m'entourant de toutes les précautions nécessaires pour en assurer l'exactitude.

La méthode que j'ai suivie est très-simple, mais suffit parfaitement pour des déterminations comparatives. J'ai employé dans tous les cas l'acide sulfurique monohydraté étendu de 25 équivalents d'eau, dont la chaleur spécifique est de 0,8537 [1]. Cet acide était contenu dans un vase métallique, cylindrique, dont l'équivalent calorifique était de 6 grammes d'eau. Ce vase était suspendu au milieu d'un cylindre en fer-blanc, entouré lui-même d'eau à la température ambiante. L'expérience ne commençait que lorsque la température de l'acide restait parfaitement stationnaire. On y introduisait alors un poids déterminé de magnésie ou d'oxyde de zinc. Un thermomètre dont les divisions correspondent à $^1/_{50}$ de degré servait d'agitateur et mesurait l'élévation de température due à la réaction. Cette élévation étant la même dans toutes les expériences comparatives faites sur la même substance, la perte par rayonnement est la même et peut par conséquent être négligée.

En commençant ces essais, je m'attendais cependant

[1] Voyez *Archives*, tome XXXIX, p. 231.

à rencontrer une assez grande difficulté résultant de la plus grande lenteur avec laquelle les oxydes fortement calcinés se dissolvent dans les acides. Je m'y attendais d'autant plus que M. Ditte a observé, sous ce rapport, de très-grandes différences, pour l'oxyde de zinc d'un instant à 15 minutes, pour la magnésie de 3 à 50 minutes. J'espérais pouvoir surmonter ces difficultés soit par une plus grande division mécanique des oxydes fortement calcinés, soit peut être en changeant le degré de concentration de l'acide, ce qui eût exigé quelques corrections: Aussi ai-je été assez surpris de ne trouver, sous ce rap-rapport, que des différences insignifiantes, du moins pour des limites de température comprises entre 350° et la chaleur rouge la plus intense que j'aie pu obtenir avec un chalumeau à gaz. Sauf pour l'oxyde de zinc le moins calciné, par suite d'une circonstance sur laquelle je reviendrai plus loin, la dissolution s'est toujours opérée en deux ou trois minutes, en sorte que je me suis arrêté à mesurer dans tous les cas l'élévation de température au bout de quatre minutes comptées depuis l'instant où l'oxyde était plongé dans le liquide. Peut-être cette différence entre mes observations et celles de M. Ditte tient-elle à ce que la disposition de mon appareil permettait une agitation plus rapide. Elle pourrait aussi provenir de ce que j'ai eu le soin, dans la préparation de la magnésie par la décomposition de l'azotate, de ne le chauffer que très-graduellement, de manière à éviter toute fusion. De même pour l'oxyde de zinc, préparé par la calcination de l'hydrate, celui-ci avait été réduit préalablement en poudre très-fine.

Toutefois, il n'en a plus été de même lorsque j'ai essayé de soumettre aux mêmes essais de la magnésie qui

avait été portée à la haute température d'un violent feu de charbon, produisant aisément la fusion de la fonte. Dans ce cas, la dissolution n'avait lieu qu'avec une telle lenteur, qu'aucune détermination exacte de la chaleur dégagée ne pouvait résulter de ces expériences. J'ai dû y renoncer malgré l'intérêt évident qui se serait attaché à cette détermination.

Une seconde difficulté que l'on rencontre dans ces expériences, surtout lorsqu'il s'agit de la magnésie, résulte du dégagement de chaleur instantané qui se produit au moment où elle a le contact avec la liqueur acide. La magnésie faiblement calcinée produit, lorsqu'on l'y projette, et comme l'a observé M. Ditte, un sifflement analogue à celui que déterminerait l'introduction d'un fer rouge. Il est facile de constater un dégagement de vapeur d'eau, en sorte qu'une perte de chaleur serait inévitable si l'on se contentait de verser cette poudre dans le liquide. Pour éviter cet inconvénient, j'ai employé un moyen très-simple, consistant à enfermer la magnésie ou l'oxyde de zinc dans un très-petit cornet de papier à filtre Berzélius, qu'on enfonce brusquement dans le liquide à l'aide d'une pince très-déliée. En l'agitant au moyen du thermomètre, le papier se déplie et se désagrége, et la dissolution s'opère sans qu'il en résulte de retard sensible et sans perte de chaleur possible.

Tous ces essais ont été faits avec des quantités de matière assez faibles et que je regarderais comme tout à fait insuffisantes s'il s'agissait de déterminer d'une manière absolue la chaleur de dissolution des oxydes, mais qui permettent cependant très-bien de constater que la calcination n'entraîne aucun changement notable dans cette propriété.

Je signalerai d'abord les résultats obtenus avec la magnésie. J'ai rencontré, pour cet oxyde, une difficulté que je n'ai pu entièrement surmonter. Il m'a été impossible d'obtenir une décomposition complète de l'azotate, non-seulement à 440° dans un bain de soufre en ébullition, mais même au rouge sombre. Je n'ai jamais pu obtenir un poids invariable qu'après une calcination au rouge vif, assez longtemps prolongée.

J'ai cru d'abord que ce fait pouvait être dû à l'impureté de la magnésie, malgré le soin que j'avais donné à sa préparation. Aussi, après avoir décomposé l'azotate à 350°, j'ai fait bouillir le produit à plusieurs reprises avec de l'eau, et je l'ai soumis à un lavage prolongé. La dissolution évaporée a laissé de l'azotate de magnésie contenant seulement une très-petite quantité de chaux. La magnésie soumise à ce traitement a été de nouveau convertie en azotate, et celui-ci décomposé une seconde fois de la même manière et traité de nouveau par l'eau bouillante qui n'a dissous que de l'azotate de magnésie. La magnésie provenant de ce second lavage a encore servi à reproduire de l'azotate, qui a été employé pour la préparation des produits destinés à mes dernières expériences; mais, pas plus que les précédents, ils n'ont pu être amenés à ne plus subir de perte par une forte calcination. Cette perte, d'ailleurs, n'a pas été constante pour les produits de diverses préparations; elle s'est élevée à 2 ou 3 pour cent pour la magnésie obtenue à 440°, même après l'avoir maintenue dans le vide à cette température pendant plusieurs heures sans que son poids variât, et de 1 à 2 pour 100 pour celle qui avait été maintenue plusieurs heures au rouge naissant.

Ce fait est certainement dû en partie à une incom-

plète décomposition de l'azotate, car on peut constater que la magnésie préparée par ce procédé, même après une forte calcination au rouge, donne, en se dissolvant dans l'acide sulfurique pur, une dissolution qui se colore en bleu par l'addition d'amidon ioduré. Mais on doit aussi l'expliquer en partie par la formation d'un hydrate très-difficile à décomposer par la chaleur. En effet, lorsqu'on opère la décomposition de l'azotate dans un long tube, plongeant dans un bain de soufre bouillant, on constate un dépôt d'eau condensée dans les parties supérieures du tube, qui se reproduit pendant toute la durée de la calcination, et même encore lorsqu'on ne voit plus se dégager d'acide hypoazotique. Un nouveau dépôt de rosée se manifeste encore si plus tard on chauffe au rouge le fond du tube contenant la magnésie. Du reste, j'ai constaté que la décomposition de l'hydrate de magnésie est pour le moins aussi difficile que celle de l'azotate.

Les essais ont été faits tantôt avec $0^{gr},300$ de magnésie dans 125 gr. d'acide représentant avec le vase $112^{gr},7$ d'eau, tantôt avec $0^{gr},360$ de magnésie et 150 gr. d'acide correspondant à 134 gr. d'eau. Le changement dans les quantités de matières employées avait été motivé par un abaissement survenu dans la température extérieure, qui m'a forcé à remplacer le thermomètre employé dans mes premières expériences par un autre dont le réservoir plus allongé exigeait, pour être entièrement couvert, un volume de liquide plus considérable. Les résultats ont été les suivants:

	Magnésie.	Acide.	Échauffement observé. °	Calories pour un gramme.
A 440°	0,300	125	2,26	849,0
	0,300	125	2,28	856,3
	0,360	150	2,28	848,7
	0,360	150	2,29	852,4
			Moyenne.....	852
Rouge sombre	0,300	125	2,28	856,3
	0,360	150	2,32	863,7
	0,360	150	2,33	867,3
			Moyenne.....	862
Rouge vif	0,300	125	2,30	865,0
	0,300	125	2,30	865,0
	0,360	150	2,33	867,3
	0,360	150	2,34	871,0
			Moyenne.....	867

On voit que les différences observées n'ont aucun rapport avec celles qu'a signalées M. Ditte. Il est vrai que la chaleur de dissolution va en croissant légèrement, mais si l'on remarque que le produit obtenu à 440° ne renferme que 97,5 % environ de magnésie réelle, et le produit chauffé au rouge sombre 98,5, on voit qu'en réalité les quantités de chaleur dégagées par un gramme de magnésie réelle seraient :

Pour la magnésie chauffée à 440°.......... 874 calories.
» » » au rouge sombre. 875 »
» » » au rouge vif..... 867 »

et encore faudrait-il ajouter, dans les deux premiers cas, les quantités inconnues de chaleur que doit avoir consommées la décomposition des combinaisons dans lesquelles une partie de l'oxyde était engagé.

Je ne veux pas en conclure que la chaleur de dissolution diminue pour la magnésie à mesure qu'elle a été plus fortement calcinée, vu que ces différences ne dépas-

sent pas les limites des erreurs probables. Mais je crois que ces résultats prouvent suffisamment qu'il n'y a du moins aucune augmentation de cette chaleur.

Il est impossible de déduire des résultats précédents une mesure absolue de la chaleur de dissolution de la magnésie, ils n'en donnent évidemment qu'une limite inférieure. Il est facile d'en établir également une limite supérieure ; il suffit pour cela de commencer l'expérience avec un acide amené à une température inférieure d'environ 2°,3 à la température ambiante, de manière à ce qu'il soit ramené à celle-ci par l'effet de la réaction.

En opérant ainsi sur 0,360 de magnésie calcinée au rouge vif j'ai obtenu, en moyenne, une élévation de température de 2°,47 correspondant à 919 cal. pour 1 gr.

Ce résultat doit être beaucoup plus rapproché de la vérité que les précédents. En effet, le dégagement de chaleur a lieu presque en entier aussitôt après l'immersion de la magnésie dans le liquide. En moins d'une minute la température s'élève déjà de 2 degrés et se trouve par conséquent presque ramenée à celle de l'extérieur, en sorte que désormais le gain de chaleur par rayonnement doit être presque nul.

J'ai constaté que dans les instants qui précèdent l'expérience, l'accroissement de température dû au rayonnement est de 0°,03 par minute. Je crois donc qu'on ne peut qu'exagérer l'influence du rayonnement dans l'expérience précédente en l'évaluant à 0,04, ce qui réduirait à 2°,43 l'échauffement produit par la réaction seule, soit à 905 calories par gramme.

Mais il est inutile d'insister sur ces calculs. On arriverait aisément à une approximation beaucoup plus grande en suivant la même méthode, mais en opérant sur des quantités de matière plus considérables.

Pour l'oxyde de zinc, préparé en décomposant l'hydrate par la chaleur, j'ai remarqué également que l'oxyde chauffé à 350 degrés, bien que son poids demeure invariable à cette température, n'est pas absolument pur. Mais la perte qu'il subit au rouge sombre n'est que de 0,5 pour 100. Il n'en subit pas par une calcination ultérieure plus énergique.

Mais j'ai rencontré, pour les essais faits avec cet oxyde chauffé à 350° seulement, une difficulté qui m'a forcé de les répéter un grand nombre de fois, d'en rejeter la plupart et de n'accepter les autres qu'avec quelque réserve. Bien que cet oxyde, plus compacte que la magnésie, se précipite bien plus rapidement dans le liquide, il donne lieu cependant à une perte de chaleur très-appréciable quand on se borne à le verser librement dans la liqueur acide. J'ai dû opérer comme avec la magnésie, en l'enfermant dans un cornet de papier. Mais alors il arrive le plus souvent qu'à l'instant où l'acide le pénètre, la masse se durcit et ne se désagrége plus ou ne se dissout dans le liquide que fort lentement. C'est du sulfate de zinc qui s'est formé instantanément en une masse dure et compacte emprisonnant une partie d'oxyde non attaqué. Il en résulte que l'échauffement est fort ralenti et que souvent on retrouve au fond du vase, à la fin de l'expérience, quelques grains lourds de matière non dissoute. J'ai bien écarté toutes les expériences dans lesquelles j'avais constaté ce résultat, mais je ne suis pas absolument certain que les autres ne soient légèrement entachées d'erreur par suite de cette difficulté.

Du reste, cet inconvénient ne s'est plus présenté pour l'oxyde de zinc chauffé au rouge sombre ou au rouge vif, en sorte que, pour ces deux états, les résultats suivants conservent toute leur valeur.

On a employé dans ces essais 1 gr. d'oxyde de zinc pour 125 gr. d'acide ou 1gr,2 pour 150 le vase équivalant toujours à 6 gr. d'eau.

	Oxyde de zinc.	Acide.	Échauffement observé.	Calories pour un gramme.
A 350°	1 gr.	125	2°,30	259,2
	»	»	2,31	260,3
	»	»	2,32	261,4
	1,2	150	2,32	259,1
	»	»	2,36	263,5
			Moyenne.....	261
Rouge sombre	1	125	2,36	266,0
	1	125	2,37	267,1
	1,2	150	2,38	265,7
			Moyenne.....	266
Rouge vif....	1	125	2,34	263,7
	1	125	2,34	263,7
	1	125	2,35	264,8
	1,2	150	2,37	264,7
			Moyenne.....	264

J'ai essayé également l'oxyde préparé par la combustion vive du zinc, et celui obtenu par la calcination de l'azotate au rouge; ils m'ont donné exactement les mêmes résultats que ceux de la dernière série.

Il n'y a donc également aucun changement appréciable dans la chaleur de dissolution de l'oxyde de zinc, les nombres un peu plus faibles, obtenus pour l'oxyde chauffé seulement à 350°, s'expliquant par le fait qu'il renferme encore 0,5 pour 100 d'eau.

Pour avoir une notion plus approchée de la chaleur de dissolution absolue de cet oxyde, j'ai fait quelques essais sur 1gr,2 d'oxyde calciné, introduit dans 150 gr. d'acide amené à une température inférieure de 2°,3 à celle du laboratoire. L'élévation de température a été de 2°,49 en moyenne. Elle a lieu très-rapidement; elle atteint 2° en

trois-quarts de minutes environ. On ne peut donc estimer à plus de 0°,03 le gain provenant du rayonnement et par conséquent à moins de 2°,46 l'échauffement produit par la réaction. Ce nombre correspondrait à 275 calories par gramme d'oxyde de zinc.

Je crois pouvoir conclure de ces observations que les expériences de M. Ditte renfermaient une cause d'erreur, et il est difficile de ne pas l'attribuer à la méthode calorimétrique qu'il a employée. Le calorimètre à mercure peut être très-bien construit pour apprécier exactement les quantités de chaleur *qui lui sont transmises,* mais rien ne prouve qu'il reçoive en totalité, ou du moins dans une proportion constante, celles qui sont dégagées dans les réactions que l'on opère dans cet appareil. Si l'on remarque que ces réactions se passent dans un tube de verre, qu'il faut que la chaleur dégagée se transmette de ce tube au mercure dans lequel il est plongé, puis au cylindre de fonte servant de moufle, et enfin au mercure du calorimètre, que le tube de verre et le moufle doivent rester ouverts, puis qu'on est obligé d'agiter les matières pendant toute la durée de l'expérience, il est difficile de ne pas admettre qu'il doit s'établir une circulation d'air qui entraîne au dehors une portion de la chaleur dégagée, et une portion d'autant plus grande que la température déterminée par la réaction sera plus élevée. Il est impossible qu'il n'y ait pas là une cause d'erreur. Est-elle négligeable, ou dans quelle proportion influe-t-elle sur les résultats de l'observation? c'est ce qui ne pourrait être établi que par des expériences comparatives qui n'ont pas encore été faites, ou du moins publiées, à moins que l'on ne considère celles de M. Ditte comme pouvant précisément en tenir lieu.

RECHERCHES

SUR

L'ÉVAPORATION DU SOL ET DES PLANTES

TROISIÈME MÉMOIRE

PAR

M. EUGÈNE RISLER.

Dans les deux Mémoires que j'ai déjà publiés sur l'évaporation du sol[1], j'avais cherché à déterminer cette évaporation par la différence entre la quantité de pluie tombée sur une certaine surface et la quantité d'eau écoulée par les drains. Mais cette différence comprend à la fois l'eau évaporée directement par le sol et l'eau évaporée ou *transpirée* par l'intermédiaire des plantes.

Dans les recherches que j'ai faites en 1870 et 1871, je me suis occupé plus spécialement *de la transpiration des plantes*. Le sujet est loin d'être neuf, mais il est également loin d'être épuisé et il mérite d'être étudié à fond, à cause de la place importante qu'il occupe dans la physiologie végétale et des rapports nombreux qui le relient à l'agriculture et à la météorologie.

Parmi les méthodes que j'ai employées dans mes expériences, il en est trois qui ne sont pas nouvelles non plus. Je n'ai fait que les modifier dans quelques détails; je les ai appliquées à un plus grand nombre de plantes;

[1] Voyez *Archives*, 1869, t. XXXVI, p. 27, et 1870, t. XXXVII, p. 314.

et, comme chacune d'elles a certains avantages et certains inconvénients particuliers, j'ai corrigé les résultats des unes par ceux des autres. Enfin, j'ai contrôlé le tout par une quatrième méthode qui n'avait pas encore été essayée et dont j'ai trouvé les éléments dans les observations météorologiques que je fais régulièrement depuis 1866 et dans les notes que j'ai prises en même temps sur l'état de mes récoltes.

Voici la description de ces méthodes et les résultats qu'elles ont donnés :

I. — Les plantes à observer végètent dans des vases arrangés de manière à ce qu'il ne puisse en sortir de l'eau que par ces plantes. Les vases sont en porcelaine, et, par conséquent, il ne peut se faire aucune évaporation à travers leurs parois. Ils sont fermés hermétiquement par un couvercle de zinc mastiqué sur ses bords et dans lequel il n'y a que deux ouvertures, l'une pour laisser passer la tige de la plante (on complète la fermeture au moyen de coton dont on entoure la tige), l'autre pour un tube de verre à travers lequel s'introduit l'eau d'arrosage. Ce tube, fermé à sa partie supérieure au moyen d'un bouchon de caoutchouc, se prolonge jusqu'à une petite distance du fond du vase où il est entouré d'un lit de cailloux. J'aurais mieux fait sans doute d'employer des vases percés au milieu de leur fond, comme le sont tous les pots à fleurs, et de fermer ce trou avec un bouchon que je n'aurais enlevé qu'au moment des arrosages ; j'ai voulu éviter les pertes d'eau qui auraient pu survenir aisément si ce bouchon s'était dérangé. J'ai obtenu ainsi une fermeture hermétique, mais tellement hermétique que le renouvellement de l'air y était impossible et que

la plupart de mes plantes y périssaient au bout de peu de temps[1].

Les seules qui aient pu supporter cette absence de drainage sont un chou qui a végété très-vigoureusement pendant trois semaines, après y avoir été transplanté avec sa motte, et un petit frêne. Ce dernier avait été transplanté dans le vase dès 1870; il a passé l'hiver dans une serre et le printemps en plein air. C'est seulement au mois de juin qu'on y a adapté le couvercle. Il est resté très-vigoureux, ce qui prouve qu'il n'a pas besoin de trouver beaucoup d'oxygène autour de ses racines.

Dans ces conditions, on pouvait être bien sûr, pour le chou et le frêne, que toute diminution de poids constatée par la balance était due à la transpiration des plantes. De temps en temps, on ajoutait une quantité d'eau exactement déterminée et autant que possible de manière à rétablir le poids qu'avaient les vases au commencement des expériences.

On pesait les vases tous les jours au moins une fois, ordinairement plusieurs fois, au moyen d'une balance qui marquait bien les différences d'un gramme, exactitude suffisante, puisque les pertes de poids dépassaient presque toujours 100 grammes en 24 heures pour le chou et approchant pour le frêne.

Voici le résultat des pesées faites du 28 août au 16 septembre :

[1] Hales, en 1724, et MM. Lawes et Gilbert, il y a quelques années, ont employé la même méthode. Ces derniers ont remarqué que quelques-unes de leurs plantes avaient souffert, mais sans savoir à quoi l'attribuer.

1871	LUMIÈRE.	TEMPÉRATURE à l'ombre	TEMPÉRATURE au soleil boule noire	VENT direction	VENT force	HUMIDITÉ	EAU PERDUE par les PLANTES. Chou.	EAU PERDUE par les PLANTES. Frêne.	
du 28 août à 6 h. soir au 29 à 10 ½ h.						38	54gr	37gr	
29 août à 6 h. 10' soir	4,4	8,8 à 26		SE	2		76	43	arrosé.
30 à 3 h. 3 m.	ciel pur.						110		découvert au soleil.
— à 4 h. 3 m.	0,2 ciel pur.	11 à 28		SSE	1	32	10		couvert d'un parasol.
— à 5 h. 3 m.							10		au soleil.
— à 6 h. 5 m.							5		à l'ombre, air libre.
— à 5 h. 45 m.								84	
31 à 10 ½ h.	0,3 ciel pur.	13 à 29		SE	2	31	63	33	
— à 11 h.	0,0.	26	50°						
— à midi.	0,1.	28	52				12		au soleil.
— à 1 h.	3,5 qq. nuages	27,7					11		sous parasol, 39°.
— à 2 h.	7,5	27,7	36,8				11		au soleil.
— à 3 h.	4,5 ciel couv.	28,4					9		sous parasol, 28,5.
— à 4 h.	5,24	26,0	30,6				11		découvert
— à 5 h.	3,8 brumeux.	24,7					6		sous parasol, 24,7.
31 à 5 ½ h.							1	47	
1er sept. à 11 ½ h.	1,1 ciel pur.	13 à 29				33	85	57	
— sept. à 6 h.							42	28	
2 à 8 h. 5 m.	6,2 à 8°.	22,0					12		
— à 9 h. 5 m.	3,0	23,9	43,5				11		
— à 10 h. 5 m.	1,2	25,4	44,5				14		arrosé.

1871	LUMIÈRE.	TEMPÉRATURE à l'ombre	TEMPÉRATURE au soleil boule noire	VENT direction	VENT force	HUMIDITÉ	EAU PERDUE par les PLANTES. Chou.	EAU PERDUE par les PLANTES. Frêne.	
2 sept. à 11 1/4 h.	0°,5	27°,8	53°,5				24gr		
— à 1 h. 15 m.	1,1		47,3				29		
— à 2 h. 25 m.	0,8	32,0	42,0			32°	21		
— à 3 h. 25 m.	2,5	27,8	31,0				14		orage au nord-ouest.
— à 4 h. 25 m.	3,3		27	SSE	1		3		soleil caché.
— à 5 h. 25 m.	1,0	24,1					5		
— à 6 h. 25 m.	1,2	20,0					4		
— à 5 1/2 h.								81gr	ciel clair, mais soleil couché.
— à 7 h. 25 m.		18	18				1		
— à 9 h. 15 m.	ciel clair.		10,4				3		pas de rosée.
3 à 4 h. 35′ matin	0,8	13,7	12,0			78	4		quelques gouttes au bord des feuilles.
— à 7 h. 35 m.	5,7	19,8	34,0			58	6		un peu de rosée.
— à 8 h. 45 m.	3,0	24,2	32,0			42	12		
— à 8 h. 50 m.								15	nuit.
— à 9 h. 50 m.	6,1	25,6	42,0			38		9	
— à 1 h. 20 m.	1,6	28,2	32,0			38		25	brumeux.
— à 5 1/4 h.			24,5			32		20	arrosé.
— à 5 1/2 h.							110		arrosé.
— à 8 h. 35 m.		17,6	16,4			66	4	—4	un peu de rosée sur les feuilles.
— à 10 h.			16,1					0	
4 à 3 h. matin.	0,6 nuages.	16,1	10,4	ESE	1	68		+ 2	
— à 5 h. 20′ soir.							151	+67	ciel assez couvert, pas de rosée.

1871	LUMIÈRE.	TEMPÉRATURE à l'ombre	TEMPÉRATURE au soleil boule noire	VENT direction	VENT force	HUMIDITÉ	EAU PERDUE par les PLANTES. Chou.	EAU PERDUE par les PLANTES. Frêne.	
5 sept. à 10h 40' mat.	0°,3 ciel pur.	13 à 30°		ESE	1	32	49gr	25gr	
— à 5 1/4 h. soir.							100	33	arrosé.
6 à 11 1/2 h.	0,2 ciel pur.	14,6 à 30		SE	1	33	83	35	feuilles du chou trouées par un insecte
7 à 10 h. 35 m.	0,4			SE	1	23	139	56	
— à 5 h. 40 m.	0,0	25,0		SE	1	44 %	98	45	
8 à 1 h.	4,4	27,3		SE	1	66 %	129	29	arrosé le frêne.
— à 5 1/2 h.		21,0					—9	7	laissé dans la chambre.
9 à 10 h. 40 m.	1,6	22 3		SE	1 1/2	58	?	?	pluie le 8 au soir.
— à 5 h. 15 m.							89	45	arrosé le chou.
11 à 11 h.	2,7	24,4		E	1	64	171	70	
— à 4 h. 15 m.							?	?	pluie.
12 à 10 h. 40 m.	3,8	23,0		SE	2	74	27	37	
— à 4 1/2 h.							78	38	les 4 feuilles infér. du chou jaunissent
13 à 5 1/2 h.	3,6	26,5		SE	2	63	113	46	arrosé le chou.
14 à 5 h.	3,9	21,1		NE	2	71	111	41	arrosé le chou et le frêne.
15 à 5 h.	2,2	22,5		SE	2	67	67	44	
16 à 4 1/2 h.	2,9	24,4		SE	2	70	122	48	

L'intensité de la lumière a été estimée au moyen d'un photomètre de Leslie qui marque 0° dans l'obscurité et 7° à 8° au maximum. — La force du vent est désignée par 1, 2, 3 ou 4, 4 étant le maximum.

II. — Dans la seconde méthode, déjà employée il y a deux ans, par M. Marié-Davy, en France, et par le Dr Hosäus, en Allemagne, les vases ne sont pas couverts comme dans la première. Outre la transpiration des plantes, il y a évaporation directe du sol que l'on cherche à déterminer en pesant un ou plusieurs vases qui ne contiennent pas de plantes.

Les plantes se trouvent ainsi dans des conditions de végétation plus normales qu'avec la première méthode. L'arrosement se fait, comme il a lieu par la pluie, également sur toute la surface du sol et l'air peut pénétrer dans la terre à la suite de l'eau. Mais il y a une cause d'erreur : une plante à large feuillage empêche jusqu'à un certain point l'évaporation directe du sol qu'elle recouvre. Ce procédé doit donc donner des quantités trop faibles ; c'est à tel point que si le vase contenait assez de plantes pour former à la surface un tapis continu de feuilles, on pourrait considérer l'évaporation directe du sol comme complétement nulle. C'est ce qui est arrivé dans mes expériences de 1870 pour le trèfle et dans celles de 1871 pour la luzerne, le trèfle et le rye-grass anglais. On peut, dans ce cas, considérer la diminution de poids indiquée par la balance comme représentant la transpiration des plantes, et, dans les autres cas, en retrancher les $^3/_4$, la $^1/_2$ ou le $^1/_4$ de l'évaporation du vase nu suivant que les plantes couvrent $^1/_4$, $^1/_2$ ou $^3/_4$ de la surface du sol ; on approche ainsi plus ou moins exactement de la vérité.

Les résultats donnés par ces deux premières méthodes ne sont pas tout à fait comparables à ce qui se passe dans les champs où nos plantes cultivées trouvent ordinairement un plus grand volume de terre pour y

étendre leurs racines; l'alimentation y est moins régulière; la terre est saturée d'eau chaque fois qu'on vient de l'arroser; cependant elle se dessèche très-vite, et les plantes des pots ont l'air fané, tandis que des plantes semblables en pleine terre conservent toute leur fraîcheur, bien qu'elles n'aient reçu depuis longtemps ni pluie ni arrosage. C'est un fait que j'ai pu constater très-souvent.

Dans la grande culture elle-même les plantes qui disposent d'un grand volume de terre souffrent moins vite de la sécheresse que les autres; ainsi des plantes de maïs distantes de 30 à 40 centimètres les unes des autres restent toutes fraîches, tandis que près d'elles du maïs semé en même temps, mais très-épais, comme on a l'habitude de le faire quand on veut le faucher comme fourrage, a déjà consommé toute l'humidité du sol et laisse tomber ses feuilles fanées pendant le milieu du jour.

La culture en pots a un autre inconvénient : pendant les journées chaudes les vases placés en plein soleil et la terre qu'ils renferment atteignent des températures plus élevées que celles des couches de terre où se trouvent les racines des plantes dans les champs et les jardins; et il doit en résulter, comme M. Ad. Stöckhardt l'a montré en Allemagne, une augmentation dans la transpiration des plantes. J'ai cherché à éliminer ou du moins à diminuer cette cause d'erreur en plaçant mes vases dans une caisse de bois munie d'un couvercle qui entoure exactement leur partie supérieure.

TABLEAU II.	EXPÉRIENCES FAITES EN 1870					HUMIDITÉ.	ÉTAT DU CIEL.	Température à l'ombre.		VENT		REMARQUES.
	I terre seule	II terre et maïs	III terre et avoine	IV terre et vesces	V terre et trèfle			Max. C.	Min. C.	direction	force	La force du vent est désignée par 1, 2, 3 ou 4, le chiffre le plus fort indiquant la plus grande force.
du 18 juillet 1870 soir	gr	gr	gr	gr	gr			°	°			
au 21 juillet à 7 h. soir	396	691	545	443		38	soleil	32,2	16,1	E	2	
22 — à 4 h. 20′ matin	16	14	18	15								pendant la nuit.
22 — à 11 h. 40 m.	54	86	84	58		27	soleil	33,9	15,2	E	3	les feuilles de maïs ont l'air fané au milieu du jour.
22 — à 7 h. soir	34	34	50	34			ombre					arrosé à 7 h. 20 m.
23 — à 11 h. 40 m.	111	212	168	140		42	soleil	32,6	19,4	SE	3	
23 — à 6 h. 45 m.	35	44	60	48			ombre					arrosé à 7 h. 25 m.
24 — à 12 h. 10 m.	142	206	156	107		37	soleil	34,3	14,2	ESE	2	
25 — à 11 h. 40 m.	91	144	195	143		37	soleil	36,7	17,2	SSE	2	
25 — à 6 h. 40 m.	32	31	62	50			ombre					le maïs souffre du sec ; la terre ne contient que 16,7 % d'eau.
26 — à 7 h. 50′ matin	47	50	70	45		86	couvert	29,4	21,0	NE	3	j'arrose.
28 — 6 h. 45 m. soir	110	263	341	154		45	1/2 couvert	27,7	13,5	E	2	j'arrose.
29 — 7 1/4 h. soir	90	209	214	137		49	clair	29,3	13,3	SE	3	j'arrose.
31 — 2 h.	103	178	133	26		51	couvert	30,9	15,8	SE	2	il a plu, de la des irrégularités.
3 août à 5 h. matin	199	378	328	230	lève.		pluie					idem.
7 — à 8 h. matin	les poids ont augmenté par suite des pluies						pluie					
Interruption.												
du 30 août à 5 1/2 h soir au 31 août à 8 1/2 h mat.	12	40	22	30	34	46	clair	21,2	10,0	NE	4	
1er sept. à 8 1/2 h. soir	128	203	104	153	102	60	clair	25,4	6,6	SE	2	
2 à 8 1/2 h. matin	6	5	0	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	après nuit claire, le I était plus humide que les autres, 30 % d'eau.

15 — 5 1/2 h. soir	60			122	122	51	clair	19,7	9,6	ESE	2	[illegible] vases ont demeuré.
16 — 6 h. soir	150				203	44	clair	18,2	9,0	NE	4	le trèfle est un peu flétri, j'arrose.
18 — 10 h.	34				325	61	clair	20,8	3,0	E	1	j'arrose.
19 — 5 1/4 h. soir	103				123	61	clair	19,1	10,5	E	4	
20 — 6 h. soir	100				167	69	clair	21,4	4,6	E	1	
22 — 8 h. matin	43				105	51	clair	21,6	7,7	E	3	
22 — 5 h. 10′ soir	5				15							
23 — 8 h. matin	5				23	75	brume	16,2	7,2	E	3	le trèfle est vigoureux.
23 — 5 h. 40 m. soir	21				82							j'arrose.
24 — 5 h. 45 m. soir	29				159	66	clair	17,9	3,0	E	2	
26 sept. 5 h. 45′ soir	58				155	64	clair	19,1	4,6	SE	1	en plein air.
27 — 6 h. soir	16				68	78	brume	20,1	6,9	E	1	idem.
28 — 8 h. matin	7				18	67		15,2				laissé la nuit dans le laboratoire.
28 — 5 h. 40′ soir	— 1				9							laissé dans le laboratoire.
30 — 4 1/2 h. soir	56				278	68	clair	19,0	7,9	E	3	remis au jardin et arrosé.
1er octobre à 3 h. soir	17				92	69	brume	17,3	5,0	ESE	2	du 2 au 3 les vases restent dans le laboratoire.
3 — 8 1/2 h. matin	—14				98	69	clair	17,8	2,9	E	2	arrosé le trèfle.
4 —					?							remis les vases au jardin.
6 — 10 h. 40′ matin	24				172	65	brouill. mat.	19,9	2,4	E	1	arrosé. en plein air.
7 — 9 h. matin	9				41	66	demi-clair	21,3	3,1	E	1	au laboratoire.
8 — 10 1/2 h. matin	56				143	47	couvert	18,7	4,0	O	3	en plein air.
Total	2606	3561.	3041	2705	3635							
Nombre de jours .	50	22	22	25	28							

	I	II	III	IV	V	
Par jour en grammes	52gr	161gr	138gr	108gr	129gr	ce sont des maxima.
Par jour et par hectare en millimètres. .	2mm,6	8,05	6,90	5,40	6,45	idem.
Retranchant le chiffre 1.	. . . .	2,6	2,6	2,6	2,6	
		5,45	4,30	2,80	3,85	ce sont les minima.
Poids des plantes vertes		71gr	14gr	13gr	10,5	

	EXPÉRIENCES FAITES EN 1871					ÉTAT DU CIEL.	HUMIDITÉ.	Température à l'ombre.		VENT		REMARQUES.
	I terre nue.	II luzerne	III trèfle	IV gazon	V avoine			Maximum.	Minimum.	direction.	force.	
du 25 juillet à 5 $^1/_2$ h soir au 26 juillet à 6 h. soir.	gr 68	gr 93	gr 80	gr 136	gr 141	couv. pluie	57	23,4	9,6	[illegible]	3	les vases II et III sont à $^1/_2$ couverts, IV bien couvert, V au $^2/_3$ couvert par les plantes.
27 — 11 $^1/_2$ h.	40	72	58	109	103							le vase IV a environ 280 plantes de rye-grass anglais dont chacune a en moyenne 11 cent. carrés de surface.
27 — 6 h. soir	19	49	32	63	57	ombre	58	28,4	12,7	SO	3	
28 — 11 $^1/_2$ h.	26	47	33'	64	58	couvert	75	26,7	15,0	SO	2	
31 — 9 h. matin	93	236	170	243	151	$^1/_2$ couvert	87	21,6	10,4	NO	3	
31 — 5 $^1/_2$ h. soir	38	71	57	51	30	nuageux						la luzerne et le trèfle ont des taches blanches sur les feuilles.
1er août, 9 h. matin	29	41	49	109	60	pur	54	24,6	7,5	E	3	jusqu'à ce jour les vases ont été à l'ombre depuis midi ; on les met au milieu du jardin. J'arrose.
1er — 5 h. 40 m. soir	83	143	118	108	106							
2 — 9 h. matin	30	43	41	90	52							
2 — 11 $^1/_2$ h.	20	38	26	41	38	brume	67	27,5	7,8	SO	1	j'arrose.
2 — 5 $^1/_2$ h.	57	108	82	110	96							
3 — 9 $^1/_2$ h.	?	?	?	?	?	pluie						
3 — 2 $^1/_2$ h.	30	48	47	64	64	couvert	71	21,1	13,5	SO	2	
3 — 5 $^1/_2$ h. soir	7	23	13	27	33	couvert						
4 — 9 h. matin	?	!		?	?	pluie						toutes les plantes couvrent bien les vases, surtout le gazon.
4 — [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	74	[illegible]	11,7	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	pur						arrosé
8 — 5 ½ h. soir	71	129	151	94	62	qq. nuages	65	27,4	10,9	E	1	
9 — 8 ¾ h. matin	11	42	38	50	40	pur						
9 — 11 h. matin	18	37	46	43	36	pur	63	28,7	12,3	E	1	arrosé.
9 — 5 h. 40 m. soir	33	120	119	95	82	pur						
10 — 8 ¾ h. matin	23	61	57	77	67	pur						arrosé.
10 — 5 h. 50 m. soir	96	180	203	163	158	pur	58	26,7	12,2	E	2	
11 — 8 ¾ h. matin	13	50	53	60	65	pur						
11 — 11 h.	21	52	55	41	41	pur	61	26,8	13,2	E	4	
11 — 6 h. soir	42	124	152	110	109	rares nuag.						arrosé.
12 — 8 ½ h. matin	16	44	45	51	57	pur						luzerne et trèfle bien verts; le ray-grass a les bouts jaunis.
12 — 11 ½ h. matin	26	61	69	54	56	pur	60	29,6	12,8	SE	2	l'avoine a quelques feuilles sèches.
13 — 12 h.	104	219	249	196	193	pur	58	30,4	13,2	SE	1	au soleil 47°.
14 — 11 h.	75	103	136	87	65	½ couvert						les plantes souffrent du sec.
14 — 5 ¾ h. soir	43	48	58	37	29	pur	59	31,1	13,5	E	1	le vase I est plus humide que les autres; de là plus d'évaporation; arrosé.
15 — 10 ½ h.	32	66	79	101	66	½ couvert	55	31,0	16,2	SE	1	au soleil 42°.
15 — 5 ¼ h.	58	97	109	103	87	pluie						la luzerne, le trèfle, le gazon couvrent les pots, l'avoine seulement à moitié.
19 — 5 h. 50 m.	?	?	?	!	?							
20 — 12 ½ h.	48	123	120	113	108	pur	65	26	10,7	SE	1	au soleil 42°, huit feuilles flasques.
21 — 10 h. 35 m.	64	127	95	140	110	pur	68	27,5	11,5	SE	1	les plantes souffrent du sec; le vase I est plus humide que les autres.
22 — 10 ½ h.	77	93	67	129	69							
22 — 5 ½ h. soir	60	42	32	63	28	½ couvert	69	30,8	13,5	E	1	j'arrose.
23 — 1 h.	42	119	144	155	123	pur	60	28,5	14,4	SE	1	II, III et IV ont perdu un peu d'eau par le fond.
23 — 5 ¾ h. soir	9	31	58	28	34							l'avoine est rouillée; j'arrose.

	EXPÉRIENCES FAITES EN 1871					ÉTAT	HUMIDITÉ.	Température à l'ombre.		VENT		REMARQUES.
	I terre nue	II luzerne	III trèfle	IV gazon	V avoine	DU CIEL.		Maximum.	Minimum.	direction.	force.	
24 — 10 1/2 h.	29	75	56	69	81	1/4 couvert	58	29,5	14,3	SE	1	au soleil boule noire, 41°,3.
24 — 5 h. 45 m. soir	60	144	144	126	131							j'arrose.
25 — 1 1/2 h.	64	169	181	149	166	pur	65	30,2	13,0	SE	1	au soleil 47°,6.
25 — 5 h. 45 m. soir	22	55	46	52	58							j'arrose.
26 — 10 1/2 h.	24	95	99	74	90	pur	59	33,1	15,2	SE	1	au soleil 44°; le trèfle fleurit bien.
26 — 5 h. 40 m. soir	69	140	128	141	139							j'arrose.
27 — 11 1/2 h.	24	105	121	102	104	pur	50	24,2	15,0	SE	4	l'avoine épie en partie.
28 — 5 h. 45 m. soir	159	224	191	267	220	pur	48	22,5	12.1	SES	4	j'arrose.
29 — 10 1/2 h.	31	36	38	43	41	ombre						les vases ont été mis à l'ombre sous une planche.
29 — 6 1/2 h. soir	43	28	30	33	42	ombre	59	26,5	8,8	SE	2	toujours sous la planche.
30 — 5 h. 45 m. soir	26	66	77	58	92	ombre	56	28,9	10,9	SSE	1	sous la planche; j'arrose.
31 — 10 1/2 h.	28	83	115	80	96	pur	51	28,8	13,1	SE	2	vases découverts au soleil.
31 — 5 1/2 h. soir	50	142	147	123	123							
1er sept, 11 1/2 h.	44	121	139	111	125	pur		29,3	12,8	SE	1	au soleil 48°.
1er — 6 h. soir	36	87	72	78	86	pur						
2 — 5 1/2 h.	90	237	227	224	224	pur		32,0	16,8	SSE	1	
3 — 5 1/2 h. soir	59	110	77	135	86	1/4 couvert		30,3	13,0	SE	1	
Évapor. totale en 39 j.	2604	5478	5187	5621	5165							
Id. moyenne en 1 jour	gr 66,8	gr 140,4	gr 133,0	gr 144,1	gr 135,0							
Id. par hectare et par j.	mm 3,34	mm 7,02 [illegible]	mm 6,68 [illegible]	mm 7,20 [illegible]	mm 6,75 [illegible]	ce sont des maxima. Il faut déduire de II, III, IV et V le chiffre de 1.						
[illegible]												

III. — La troisième méthode peut s'employer pour les plantes en pleine terre, mais les feuilles ne restent pas comme dans les précédentes à l'air libre ; on enferme soit une simple feuille, soit une branche, soit la plante tout entière dans un tube, un flacon ou un globe de verre fermé par un bouchon fendu en deux, après avoir été percé dans son centre de manière à pouvoir entourer la tige. (Voir Pl. I, fig. 1, 2 et 3.) Suivant les cas qui se présentent, on détermine le poids de l'eau qui s'est condensée dans le vase en le pesant lui-même, s'il n'est pas trop lourd pour une balance exacte, ou en l'essuyant avec soin au moyen de papier Joseph dont on a déterminé d'avance le poids sec. On essuie également les feuilles avec ce papier.

On pourrait croire que, dans l'espace bientôt saturé de vapeur d'eau où se trouvent les feuilles, l'évaporation s'arrêtera au bout d'un certain temps. Il n'en est rien ; l'évaporation continue. Par exemple, on peut voir dans le tableau ci-joint les quantités d'eau transpirées du 31 août 1871, à 4 heures du soir, jusqu'au 6 septembre par une branche de luzerne. Elles ont été aussi fortes le 5 et le 6 septembre que le 1 et le 2 ; mais le 6 au soir les feuilles avaient jauni, sans doute parce que l'atmosphère renfermée dans le tube était devenue peu favorable à leur respiration.

Si l'on pend cinq ou six flacons de verre aux branches d'un arbre et que l'on y introduise l'extrémité de ces branches, on peut recueillir par une belle journée de juin ou de juillet assez d'eau pour remplir un de ces flacons. On obtient ainsi des sources artificielles que l'on pourrait utiliser au besoin.

L'eau transpirée sous la lumière directe du soleil m'a

toujours paru très-limpide et très-pure. Celle qu'a donnée la luzerne ne laissait aucun résidu quand on l'évaporait à siccité. Celle des sapins a une légère odeur de résine qui augmente quand on laisse les branches enfermées dans les flacons pendant la nuit; lorsqu'on laisse le flacon jour et nuit, elle laisse un léger résidu brun foncé. Si l'on entoure le vase de feuilles de vignes, l'eau transpirée par la vigne ou la luzerne perd immédiatement sa limpidité et laisse un résidu de matière organique.

On pourrait croire également que la transpiration est beaucoup plus grande dans ces tubes ou flacons qu'à l'air libre. Mais on verra, en comparant les résultats de cette méthode à ceux des premières, que cela n'est pas. Si la chaleur est plus forte dans les tubes qu'à l'air extérieur, elle tend à accroître la transpiration, mais la vapeur d'eau y est également plus abondante et tend à la diminuer. D'ailleurs cette vapeur d'eau agit elle-même sur la température et l'empêche de s'élever outre mesure. Par exemple, le 12 août, à 2 heures après midi, j'introduisis une branche de luzerne dans une éprouvette de 5 centimètres de diamètre et de 28 centimètres de longueur. A 3 heures, un thermomètre enfermé également dans l'éprouvette ne marquait que 43°, tandis qu'un thermomètre enfermé dans un flacon de verre qui était placé à côté d'elle, mais dans lequel il n'y avait pas d'humidité, marquait 52° et qu'un troisième, placé à la surface du sol, s'élevait à 47°.

D'après cela, la température des tissus de la plante doit être plus élevée que celle de l'intérieur du tube, fait qui permet d'expliquer, comme me l'a fait remarquer M. Soret, cette condensation ininterrompue de vapeur d'eau. En effet, par suite de l'endosmose, ou plutôt de la diffu-

sion qui fait pénétrer l'eau du sol dans les plantes et de la force capillaire qui vient s'y joindre, les cellules de parenchyme, qui dans la feuille entourent les méats intercellulaires, sont gorgées de liquide qui s'évapore à travers leurs parois et maintient constamment l'intérieur de ces méats intercellulaires à l'état de saturation. Or, l'intérieur de ces méats étant également plus chaud que l'intérieur du tube, la condensation de la vapeur doit se faire dans le tube, comme dans le condensateur d'une machine à vapeur ou d'un appareil de distillation quelconque.

Il en est tout autrement quand les feuilles sont à l'air libre. Là, l'atmosphère qui les entoure n'est pas saturée d'humidité; elle l'est d'autant moins qu'elle est plus chaude, et la vapeur d'eau sort des méats intercellulaires, à travers les stomates et les pores de l'épiderme, parce que la tension y est plus grande que dans l'air ambiant.

Je dois faire une dernière remarque au sujet de l'influence du tube qui entoure les feuilles sur la transpiration de celles-ci. Lorsqu'on redouble ce tube, c'est-à-dire qu'on l'enferme dans un second tube de verre, la transpiration diminue. La lumière perd donc, en traversant le verre, une partie de la force qui la fait agir sur l'évaporation des plantes, et, pour ce motif, comme pour les précédents, les quantités d'eau obtenues au moyen de ces tubes ont dû être plus faibles qu'à l'air libre.

Cette méthode, déjà employée par Mariotte en 1679, par Guettard en 1748, par Sennebier et, en dernier lieu, par M. Dehérain, n'en est pas moins très-utile pour étudier l'influence de la lumière sur la transpiration, pour recueillir ses produits, etc.

En se servant de deux demi-sphères de verre adaptées l'une sur la face inférieure d'une feuille, l'autre sur la face

supérieure et les reliant au moyen d'une bande de caoutchouc, on peut aisément comparer l'évaporation des deux faces.

Une bonne précaution à prendre lorsqu'on emploie les tubes ou flacons, c'est de ne pas les exposer à un soleil ardent avant qu'il s'y soit dégagé une certaine quantité de vapeur qui, en se condensant sur leurs parois, forme une sorte d'écran. Pour cela, s'il s'agit d'un arbre, on pend le flacon à une branche qui ne reçoit encore que la lumière diffuse, mais qui sera bientôt éclairée par le soleil. S'il s'agit d'une petite plante, comme le blé ou la luzerne, on peut couvrir le tube d'un mouchoir blanc ou d'un morceau de papier qu'on enlève au bout de dix ou quinze minutes.

Les tableaux suivants contiennent les résultats que j'ai obtenus. La première colonne renferme les quantités d'eau totale transpirée ; la deuxième, le poids de la feuille ou tige verte, et la troisième leur surface en centimètres carrés. Pour déterminer cette surface, j'étale les feuilles sur un papier quadrillé régulièrement ; je marque leurs contours au crayon, puis je compte le nombre de carrés et je multiplie ce nombre par la surface d'un de ces carrés (16 millimètres carrés). J'ai partout doublé la surface ainsi obtenue pour les feuilles.

La quatrième colonne donne en grammes la quantité d'eau transpirée en une heure par 10 grammes de poids de la plante verte, et la cinquième, cette même quantité par 100 centimètres carrés de surface.

1870	transpirée.	feuille ou tige verte.	Centim. carrés.	pour 10gr du poids.	pour 100c de surface.	TEMPÉRATURE.	REMARQUES.
			AVOINE.				
	gr	gr		gr	gr		
30 juillet, de 9 h. 45 m. à 1 h.	0,372	0,818	83,94	1,3	0,10		tube couvert de papier Joseph.
14 août, de 9 h. à 2 h.	0,006		0,5				face inférieure d'une feuille.
id. id.	0,006		0,5				face supérieure de la même feuille.
14 août, de 2 1/2 h. à 5 1/4 h.	0,459	4,520		0,36		26° à l'ombre	tube exposé au soleil.
nuit du 14 au 15 aout 9h à 4h 1/2 matin	0,285	3,620	239,2	0,08	0,01		
23 août, de 11 h. à 2 h. 25 m.	0,310	3,556	260,0	0,28	0,039	23,3 à l'ombre	temps couvert.
du 23 sept. à 8 h. matin au 27 sept. à	13,7	3,425	199,42	0,67	0,12	max. de 16 à 21°	haut d'une tige qui épie.
6 h. du soir, 5 jours						min. de 3° à 7°	tube au soleil; ciel pur.
du 4 octobre à 9 h. 45 m. matin au 6	4,0	5,95	132,30	0,30	0,14	max. de 18 à 20°	haut d'une tige avec grains verts.
octobre à 3 h. après midi.						min. de 2,4 à 3,3	temps demi-couvert.
			BLÉ.				
30 mai, de 9 h. 45 m. à 10 h. 54 m.	0,659	8,392	391,2	0,785	0,157	21°,4 à l'ombre	plante entière épiée, enfermée dans
							un tube, au soleil.
30 mai, de 1 h. 35 m. à 2 h. 48 m.	0,383	6,251	585,8	0,503	0,086	26.9 à l'ombre	plante épiée, temps chaud et couv.
30 mai, de 10 h. 10 m. à 1 h. 35 m.	0,403		24,6		1,64	32,6 au soleil	feuille supérieure, au soleil.
id. id.	0,566		37,0		1,52		seconde feuille.
id. id.	0.710		28,8		2,46		feuille inférieure.
nuit du 30 au 31 mai, de 8 h. à 3 h. matin	0,024					minimum 11°	plante entière.
3 juin, de 10 h. 25 m. à 2 h. 25 m.	0,760	2,624	181,2	0,724	0,104	25,2 à l'ombre	plante ent. non épiée, ciel 1/2 couv.
4 juin, de 7 h. 45′ à 9 h. matin.	0,696	4,863	342,1	1,144	0,16	21,1 à 26,4	au soleil; ciel pur; blé épié.
4 juin, de 11 h. 5 m. à 1 h. 15 m.	1,551	5,920	364,3	1,38	0,20	30,4 à 31,7	au soleil, blé épié, non fleuri.
4 juin, de 3 h. 50 m. à 6 h. 50 m. soir.	0.710	6,468	406,9	0,36	0,06	26,2 au soleil	puis 20,8 au sol. couché, blé en fleurs

TABLEAU III (suite). 1870	EAU transpirée.	POIDS de la feuille ou tige verte.	Surface des feuilles centim. carrés.	TRANSPIRÉ en 1 heure pour 10gr du poids.	TRANSPIRÉ en 1 heure pour 100c de surface.	TEMPÉRATURE.	REMARQUES.
SEIGLE.							
	gr	gr		gr	gr		
28 mai, de 9 h. 5 m. à 10 h. 40 m. matin	0,080		41,2		0,125		épi avec tige.
id. id	0,020		7,1		0,16		feuille supérieure.
id. id.	0,177		22,76		0,44		deuxième feuille.
id. id.	0,134		33,36		0,235		troisième feuille.
28 mai, de 1 h. 45 m. à 2 h. 45 m.	0,230						épi.
id. id.	0,013						feuille supérieure.
id. id.	0,071						deuxième feuille.
id. id.	0,152						troisième feuille.
28 mai, de 10 h. 40 m. à 5 h. 25 m.	2,337						plante entière, au soleil.
nuit du 28 au 29 mai, de 8 h. à 3 1/2 h.	0,067					Minimum 11°	plante entière.
29 mai, de 2 h. 16 m. à 5 1/2 h.	0,489					28°,1	plante entière, temps couvert.
MAÏS.							
22 juillet, de 8 1/2 h. à 3 h. soir.	1,14	6,589	723,8	0,26	0,024	33°,9	à l'ombre d'un parasol blanc ; plante à sept feuilles.
30 juillet, de 9 h. 20 m. à 1 h.	8,913	11,95	1471,0	2,00	0,16	29,2 à l'ombre	au soleil d'abord, puis temps couvert et orageux.
4 août, de 3 1/2 h. à 5 1/2 h.	0,027		4,3				face supérieure de la feuille.
id. id.	0,025		4,3				face inférieure de la feuille.
LUZERNE.							
4 juin, de 8 h. à 9 h. du matin	0,441	1,005	81,1	2,21	0,49	22°,1 à 26°,8	au soleil : haut d'une tige.
4 juin, [illegible]	1,370	1,340		[illegible]		30,4 à 31,7	au soleil, la plante est altérée.
4 juin, [illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]	[illegible]

id.	id.	0,161	1,121		1,06		22,5 à 24 à l'omb.	id. enveloppé de papier gris } matin après midi
7 août, de 1 h. 20 m. à 2 h. 53 m.		0,283	0,762		2,03		soleil qqfois voilé	tube découvert.
id.	id.	0,048	1,069		0,29		tube sali	tube dans feuille de vigne.
id.	id.	0,023	0,780		0,12		24,5 à l'ombre	tube dans papier gris.
14 au 15 août, de 9 h. soir à 4 1/2 h. matin		0,105	1,185	73,16	0,09	0,015		nuit; luzerne en boutons.
20 août, de 2 h. 13 m. à 5 h. 18 m.		1,407	1,840	97,78	2,34	0,44	23° au soleil	tube au soleil; pousses nouvelles.
id.	id.	0,566	1,940	130,24	0,92	0,14		tube sous verre rouge; même plante
id.	id.	0,211	1,211		0,57			tube sous papier gris; id.
id.	id.	0,227	1,405		0,51			tube sous papier Joseph blanc; id.
id.	id.	0,215	1.805		0,45			tube sous feuille de vigne; id.
23 août, de 10 50 m. à 1 1/2 h.		0,217	1,762	139,64	0,46	0,06	14 à 15,2	temps couvert.
nuit du 1er au 2 septembre		traces					11 à 12°	
1er sept., de 8 h. 50 m. à 9 h. 50 m.		0,436	1,882	126,12	2,3	0,34	32° au soleil	d'abord ombre, puis soleil.
du 31 août à 4h soir au 6 sept. à 9h soir {	jusqu'au 2 sept. à 5 h. 10′ soir	2,15					max. à l'omb. 27,0	le 1er, ciel pur; le 2, demi-couvert.
	» 3 — à 3 h.	0,40					» 22,4	le 3, ciel couvert,
	» 4 — à 8 h. matin	1,00					» 23,0	le 4, ciel demi-couvert.
	» 5 — à 9 1/2 h. matin	0,65					» 23,2	le 5, ciel pur.
	» 5 — 4 1/2 h. soir	2,80						ciel pur.
	» 6 — 1 h. 50 m.	1,50					» 25,4	le 6, ciel demi-couvert.
	» 6 — 9 h. soir	0,95						la tige de luzerne a un peu jauni les derniers jours.
	Total en six jours..........	9,45						
du 16 sept. à 9 h. au 17 à 3 1/2 h.		5,00	1,966					
le 16 sept. de 9 h. 20 m à 5 h. 5 m.		0,426	1,196	62,76	0,619	0,118		A sous cloche de verre rouge ne laissant passer que les rayons rouges.
id.	id.	1,075	0,910	67,56	2,03	0,273		B cloche de verre blanc opaque.
id.	id.	1,066	1,397	93,62	1,331	0,22		C cloche de verre bleue laissant passer presq. tous les rayons de lumre.
id.	id.	2,252	1,075	82,06	3,63	0,48		D cloche de verre transparent.
id.	id.	0,430	0,940	74.86	0,76	0,10		E cloche de verre verte.
id.	id.	0,360	1,354	88,58	0,49	0,008		F cloche de verre violet laissant passer le rouge et le violet.

TABLEAU III (suite). 1870	EAU transpirée.	POIDS de la feuille ou tige verte.	Surface des feuilles.	TRANSPIRÉ en 1 heure pour 10gr du poids.	TRANSPIRÉ en 1 heure pour 100c de surface.	TEMPÉRATURE.	REMARQUES.
LUZERNE (suite).							
	gr	gr	cent carr	gr	gr		
le 16 sept. de 9 h. 20 m. à 5 h. 5 m.	0,952	1,357	76,18	1,25	0,21		G, cloche de verre jaune laissant passer le jaune et le reste un peu éteint.
12 août 1871 à 2 h. au 13 août à 4 h.	8,0	1,50				46° dans le tube 28° à l'ombre	au soleil la tige a été altérée.
TRÈFLE.							
le 20 septembre, de 10 h. à 4 h.	0,115	0,225	22,56	0,84	0,08	20° à l'ombre	tube sous une feuille de pap. Joseph
FÈVES.							
le 1er sept. de 10 h. 50 m. à 4 h. 50 m.	13,175	7,6	235,74	2,89	0,93	25°,4 à l'ombre	tube au soleil.
POIS.							
le 22 septembre de 10 h. à 2 h.	0,461	0,818	63,98	1,40	0,18	21°,6 à l'ombre	sous cloche rouge A au soleil.
id. id.	0,403	0,876	67,88	1.15	0,15		sous cloche verte E id.
id. id.	2,970	1.190	103,6	6,23	0,71		sous cloche blanche D id.
id. id.	0,734	0,665	68,12	2,75	0,27		sous cloche jaune G id.
id. id.	1,485	0,610	56,16	6,08	0,74		sous cloche blanche opaque B id.
id, id.	0,400	0,550	44,88	1,80	0,22		sous cloche violette F id.
id. id.	1,125	1,213	81,76	2,31	1,38		sous cloche bleue C id.
POMMES DE TERRE.							
le 30 juillet, de 9 h. à 1 h.	14,0	176	3980	0,46	0,09		soleil presque tout le temps.
[illegible]							

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	nouvelles feuilles sous un parasol.
le 26 juillet, de 9 1/4 h. à 4 h. 10 m.	0,170	0,952	93,6	0,272	0,027	25° à 29,4 id.	jeunes f^lles au sol. une partie du temps
id. id.	2,640	3,345	290	1,17	0,014		vieilles feuilles de la treille, pied du cep dans un sol froid.
le 30 juillet, de 9 h. à 1 h.	3,718	4,07	320	2,28	0,29	au soleil	dans un bocal vert clair; d° la vigne
id. id.	2,298	3,588	284	1,60	0,20	à l'ombre	dans un bocal blanc; dans la vigne.
id. id.	1,80	70,03	606	0,01	0,10		raisin.
le 2 août, de 10 h. à 3 h.	0,996	?	118,8			à l'ombre d'un	vigne.
le 23 août de 11 h. 5 m. à 2 h. 30 m.	0,483	4,261	366	0,33	0,038	autre cep.	feuilles avec quelques taches rouges.
POMMIER.							
le 25 août, de 9 h. 5 m. à 4 h. 10 m.	5,70	5,54	334,30	1,47	0,24	10°,5 à 22°	en partie ombre, en partie soleil ; la tige a 1c,5 de circonfér. au verger.
NOYER.							
le 25 août, de 9 h. à 4 h. 10 m.	1,815	7,3	566	0,34	0,04	à l'ombre 21°	à l'omb. d'aut. arbres près d'un ruiss.
le 30 août de 11 h. à 5 h.	12,61	?	518				petit noyer au soleil dans un champ.
AULNE.							
le 25 août, de 8 h. 5 m. à 4 h. 50 m.	2,647	5,380	377	0,70	0,045	à l'ombre 20°,1	en partie au soleil, près d'un ruisseau
CHÊNE.							
le 25 août, de 8 h. 55 m. à 4 h. 5 m.	1,780	9,2	458,6	0,23	0,045	à l'ombre 21°	près d'un ruisseau.
le 30 août, de 11 h. à 5 h.	3,05	6,76	347,6	0,75	0,15		dans une haie au soleil.
SAULE.							
le 25 juillet, de 2 1/2 h. à 5 1/2 h.	0,1	0,378	40			au soleil	jeune f^lle de l'extrém. d'une branche.
id. id.	0,28	0,427	39,28			au soleil	feuille plus âgée de la même branche
id. id.	0,107	0,210	21,50			36°,7	jeune feuille dans un tube entouré de papier Joseph.
SAPIN BLANC.							
le 21 juillet, de 8 h. 4 m. à 4 h.	2,857	4,388	126	0,59	0,21		bout d'une branche nouvelle d'un
du 31 août au 3 septembre.	26,794	10,8	138	0,60		au soleil 42°,5	jeune sapin.
SAPIN ORDINAIRE.							
le 16 juillet, de 8 h. à 9 h. 15 m.	0,48	2,571	157,2				
le 21 juillet, de 8 h. 40 m. à 4 h. soir	0,995	5,505	102	0,24	0,14	demi-ombre	bout de branche d'un vieux sapin.
LAURELLE.							
le 10 juillet, de 11 h. à 11 1/2 h.	1,117	9,082	479,38	2,45	0,425		au soleil.
le 10 juillet, de 1 h. 40 m. à 2 h. 10 m.	léger	trouble					à l'ombre.

IV. — Les observations météorologiques régulières faites depuis 1866 dans ma propriété de Calèves, près Nyon (canton de Vaud), et des notes sur l'état de mes récoltes m'ont permis de contrôler les résultats des expériences que je viens de décrire. Quand une récolte souffre du sec, elle a consommé toutes les eaux de pluie qui sont tombées depuis qu'elle a commencé à végéter, ou du moins toutes celles qui sont tombées depuis un certain temps, et en divisant la quantité d'eau que le pluviomètre a indiquée pendant cette période par le nombre de jours, on obtient le minimum de la consommation par jour de cette récolte. Quand les plantes montrent au contraire qu'elles souffrent par un excès d'humidité, on obtient le maximum de leur consommation d'eau. L'évaporation comprend non-seulement celle des plantes elles-mêmes, mais celle du sol dans lequel elles végètent. Pour obtenir des résultats exacts, il faut tenir compte de l'eau contenue dans le sol. Le jaugeage de mes drains m'a donné les quantités d'eau perdues de cette manière pour la végétation, celles qui dans une terre perméable se seraient infiltrées dans le sous-sol. Quant à l'eau retenue par la terre, je l'ai déterminée souvent en prenant à diverses profondeurs des échantillons que je desséchais à 100° environ.

Voici les conclusions que l'on peut tirer des expériences qui précèdent : Je n'ai jamais pu constater une absorption de vapeur d'eau de l'air par les feuilles chez les plantes que j'ai étudiées sous ce rapport ; M. Duchartre et d'autres expérimentateurs sont arrivés au même

résultat, il ne reste de doutes que pour les mousses et les lichens. Au contraire, pendant la nuit la plupart des plantes transpirent un peu, mais très-peu ; souvent en examinant le matin de bonne heure les feuilles de certaines plantes, les graminées et le chou, par exemple, on y voit des gouttes d'eau qui ne sont pas des gouttes de rosée, car on les trouve même quand le ciel est couvert ou dans une serre à l'abri du refroidissement nocturne qui produit la rosée. Je n'ai jamais aperçu de ces gouttelettes sur les feuilles de légumineuses. Chez les graminées, on les trouve surtout pendant les premières semaines de la croissance. Ces gouttelettes sont plus abondantes quand la nuit a été chaude et la terre humide. — Quand la nuit a été chaude, la transpiration est également plus abondante pendant les jours qui suivent.

Toutes les plantes évaporent plus au soleil qu'à l'ombre. Pour la luzerne, la quantité d'eau transpirée est souvent quatre fois plus grande au soleil qu'à l'ombre, quand même le thermomètre à boule noire placé au soleil est loin de marquer une chaleur double de celle que marque le thermomètre à l'ombre (ainsi quand il y a 41° au soleil et 28° à l'ombre).

Du 18 au 25 juillet, mes vases étaient placés au côté levant de ma maison d'habitation ; à partir de midi, ils se trouvaient dans l'ombre de cette maison et, quand même la chaleur à l'ombre était plus grande dans l'après-midi que dans la matinée, la transpiration était beaucoup moins abondante après la pesée de midi qu'avant cette pesée.

Il y a donc là une action directe de la lumière indépendante de la chaleur, ou du moins le pouvoir de faire transpirer les plantes n'est pas proportionnel au pouvoir de dilater le mercure du thermomètre.

Parmi les rayons divers du spectre solaire, les rayons jaunes activent le plus la transpiration des plantes (M. Dehérain avait déjà observé que les rayons lumineux favorisent plus la transpiration des plantes que les rayons calorifiques), les rayons rouges et violets le moins. Sous les rayons verts, elle est faible. De plus, quand la lumière a traversé une feuille, l'eau transpirée par la luzerne ou la vigne n'est plus aussi pure que sous la lumière directe du soleil; elle contient des substances organiques.

Pour le maïs la différence entre la transpiration à l'ombre et au soleil est encore plus grande que pour la luzerne. Pour d'autres plantes, elle est moins grande: par exemple, pour le saule elle est très-faible.

C'est sans doute là une des causes pour lesquelles certaines plantes peuvent plus facilement vivre à l'ombre que les autres.

Je n'ai pu constater aucune variation de la transpiration avec l'humidité ou avec l'agitation de l'air. Si ces rapports existent, comme on l'a affirmé, ils sont ordinairement effacés par les autres.

Par contre, j'ai remarqué plusieurs fois une augmentation de transpiration à l'approche d'un orage, sans qu'il y ait d'ailleurs eu plus de chaleur ou de lumière.

Après la lumière et la chaleur extérieurse, c'est l'humidité de la terre qui a le plus d'influence. A la suite des pluies ou des arrosements, la transpiration augmente et diminue graduellement à mesure que la sécheresse augmente, toutes les autres circonstances étant supposées égales d'ailleurs. Quand la sécheresse dépasse certaines limites, les plantes se fanent, quelquefois elles reprennent leur état turgide, elles se redressent dès que le soleil

disparaît et que la sortie de l'eau par les feuilles devient par là moins abondante que son entrée par les racines.

Par exemple, le 22 juillet, depuis le lever du soleil jusqu'à 11 heures 40 minutes du matin (journée chaude et claire), trois plantes de maïs évaporèrent 52 gr. d'eau. Depuis 10 heures, le maïs avait l'air fané; le dessous des feuilles avait perdu sa rigidité et s'était détendu. La terre du pot, quoique arrosée le 19 et le 20, avait perdu beaucoup d'eau par suite de la chaleur et de la bise; elle en contenait encore 25 °/₀ à 11 heures, il est vrai; mais il paraît que, pendant cette matinée, l'évaporation a marché plus vite que l'absorption de l'eau par les racines; de là, cet aspect flétri. A 11 heures 40 minutes, le soleil, tournant autour de la maison, laisse les pots dans l'ombre· les plantes ne reçoivent plus de lumière directe. Immédiatement la transpiration s'arrête; déjà à 3 heures le maïs avait repris son aspect frais et rigide, et la balance a constaté que de 11 heures 40 minutes à 7 heures du soir, il n'a rien perdu; la transpiration a été nulle.

Il en a été de même pour les vesces qui se trouvaient à côté du maïs.

Quant à l'avoine (qui fait partie de la même série d'expériences), elle a continué à perdre de l'eau pendant l'après-midi; il est vrai que la terre y était moins sèche que celle du maïs.

Le même jour, après la pesée du soir, les plantes furent arrosées; et le lendemain matin, par une chaleur et une bise aussi fortes que la veille, les feuilles de maïs ont conservé toute leur fraîcheur; dans cette matinée, elles ont perdu trois fois plus d'eau que dans la précédente.

Ainsi, quand la terre des vases ne contient plus que

25 % d'eau, le maïs a l'air fané au soleil et reprend son aspect rigide à l'ombre. Quand cette terre ne contient plus que 17 % d'eau, le maïs conserve son air fané, même à l'ombre ; et, quand elle ne contient plus que 13,67 % d'eau (3 août), le maïs souffre ; l'ensemble du vase évapore alors moins d'eau qu'un sol nu.

Parfois il arrive que le maïs en pots a l'air fané pendant l'après-midi, tandis que le maïs en pleine terre (et pourtant dans une terre moins fertile) ne se flétrit pas. Le volume de terre plus grand dont disposent les plantes influe donc beaucoup par la quantité d'eau qu'il fournit avec plus d'abondance et plus de régularité.

Les conséquences pratiques de ce fait sont nombreuses :

Une récolte consomme d'autant plus d'eau que le semis est plus épais.

Quand une même terre renferme des plantes vigoureuses dont la transpiration est très-active et des jeunes plantes dont les organes sont moins développés, les racines des premières attirent à elles l'humidité du sol avec plus de force que celles des secondes. Si le sol ne renferme pas assez d'eau pour les deux, les plus faibles souffriront, car les autres lui volent de l'eau.

C'est ainsi que le trèfle semé dans du blé d'automne souffre quand le printemps est sec, tandis qu'à côté de lui du trèfle semé tout seul prospère. Si les cultivateurs continuent à semer leurs graines fourragères dans des céréales, ils ont grand tort de croire que ces dernières les tiennent à l'ombre. Ils peuvent ainsi obtenir une récolte de plus que s'ils semaient les fourrages seuls, mais ils courent la chance de nuire au développement de ces

fourrages. Dans les pays humides, cette chance est moins grande que dans les pays secs.

Avec l'eau, la plante la plus forte prend à l'autre les engrais qu'elle tient en dissolution.

C'est ainsi également que les arbres situés au milieu d'un champ nuisent aux plantes annuelles cultivées autour d'eux. Non-seulement ils font parapluie contre les petites pluies de l'été et les empêchent d'arriver au sol, mais ils prennent aux récoltes, leurs voisines, l'eau et les engrais dont elles ont besoin.

C'est ainsi que les mauvaises herbes, c'est-à-dire celles qui croissent malgré nous, nuisent aux bonnes, c'est-à-dire à celles que nous voudrions voir croître vigoureusement, surtout pendant leur jeunesse. Les sarclages les détruisent et en même temps ils ameublissent le sol; ils ralentissent la dessication du fond, si l'air est plus sec que lui, et augmentent l'absorption de l'humidité de l'air, si ce dernier est au contraire moins sec que la terre.

Enfin, c'est ainsi que des plantons de vigne, barbues ou chapons, réussissent rarement quand elles sont faites au milieu de vieilles vignes. Souvent aussi un jeune arbre planté à côté d'un vieux ne peut pas reprendre. La place est libre à la surface, mais elle est prise dans le sous-sol par les racines du plus fort qui, là comme ailleurs, a toujours raison.

A mesure que les racines d'une plante absorbent de l'eau, le sol se dessèche également dans toutes les directions. Cela montre que, lorsque les racines ont pris de l'eau aux particules avec lesquelles elles sont immédiatement en contact, les particules de terre les plus rapprochées de celles-ci lui en cèdent et tendent con-

stamment à rétablir l'équilibre d'humidité ; et ainsi de proche en proche suivant les lois de la diffusion.

M. J. Sachs (Landwirthschafliche Versuchsstationen, vol. I, p. 203) a arrosé des plantes semblables, d'un côté avec de l'eau pure, de l'autre avec de l'eau tenant en dissolution du salpêtre. Les premiers jours les premières ont évaporé plus que les deuxièmes, surtout la nuit et quand le ciel était couvert; puis, la terre des secondes s'étant moins desséchée que celle des premières, leur transpiration a surpassé celles des premières.

Ainsi les engrais exercent une influence régulatrice sur la consommation de l'eau par les plantes. Un sol souffre d'autant moins de la sécheresse qu'il est mieux fumé.

M. J. Sachs a étudié sous ce rapport l'influence du salpêtre, du sulfate d'ammoniaque, du sulfate de chaux et du sel marin. Les deux derniers sels ont manifesté au plus haut degré cette action régulatrice, qu'il attribue à une modification dans l'endosmose des racines.

Les résultats des expériences de MM. Lawes et Gilbert confirment ceux de M. Sachs ; ils ont trouvé que, dans une terre bien fumée, il faut moins d'eau pour produire un même poids de récolte que dans une terre pauvre.

Lorsqu'une terre sablonneuse et une terre argileuse sont saturées d'eau, les racines en prennent d'abord plus dans la première ; mais plus tard la seconde, se desséchant moins vite, leur en fournit davantage. La consommation de l'eau par les plantes est donc aussi plus régulière dans les terres argileuses que dans les terres sablonneuses.

M. Hellriegel a montré d'ailleurs que, dans une terre

sablonneuse, les plantes commencent seulement à souffrir de la sécheresse quand elle ne contient plus que 2 $^1/_2$ % d'eau, tandis que la limite est plus rapprochée (plus de 10 % d'après mes expériences) dans les terres argileuses. Dans ces dernières, une partie de l'eau échappe à l'absorption des racines; elle y est retenue avec une force que ces dernières ne peuvent pas vaincre, et il est probable qu'à cet égard les racines de toutes les plantes ne sont pas semblables; les unes ont le pouvoir de s'emparer dans une même terre de quantités d'eau qui sont inabordables pour d'autres.

A surface égale, les jeunes feuilles transpirent presque toujours moins que les feuilles arrivées à leur développement complet. Mais plus tard l'énergie physiologique diminue à mesure que les cellules extérieures des feuilles se déssèchent. En même temps, les nouvelles feuilles recouvrent les anciennes; peu à peu ces dernières jaunissent et finissent par tomber.

Les jeunes feuilles de vigne contiennent plus d'eau que les vieilles; et les raisins en renferment encore plus. Une jeune feuille a plus de surface relativement à son poids qu'une vieille feuille; mais le raisin en a beaucoup moins.

En général, les plantes annuelles transpirent plus que les plantes vivaces.

Comme l'a déjà montré M. Unger, les feuilles transpirent d'autant plus que les méats intercellulaires sont plus grands comparativement à la masse du tissu cellulaire.

D'après mes expériences, on peut fixer la transpiration moyenne par heure et par décimètre carré de surface foliaire :

Pour la luzerne à.....	0,46	grammes d'eau.
— le chou	0,25	—
— le pommier.....	0,23	—
— le gazon	0,21	—
— le blé..........	0,175	—
— le maïs.........	0,16	—
— l'avoine	0,14	—
— la vigne	0,12	—
— la pomme de terre	0,085	—
— le chêne	0,06	—
— le sapin	0,052	—
— le noyer	0,04	—

Mais il peut y avoir des écarts considérables, tantôt en plus, tantôt en moins autour de ces moyennes, suivant l'âge des plantes et les conditions météorologiques où elles se trouvent placées. Ainsi les séries d'expériences I et II ont donné :

Pour le chou	0,9	gramme d'eau.
— le frêne	0,4	—
— le maïs	0,16	—
— l'avoine	0,5	—
— le rye-grass......	0,42	—

Mais ces chiffres sont des maxima qui s'obtiennent rarement dans la grande culture ; ils supposent une irrigation abondante et une chaleur, accompagnée de lumière, très-grande.

Pour passer de là à la transpiration moyenne par hectare, il fallait déterminer la surface des feuilles qui couvrent un hectare ou du moins un mètre carré. J'ai fait un certain nombre de ces déterminations dont voici les résultats :

	Nombre de tiges par mèt. carré de sol.	Surface d'évaporation par mèt. carré de sol.	Poids moyen d'une tige verte grammes
Seigle. 2 mai 1871. Superbe récolte au moment de l'épiage	458	8.24	5
Seigle 2 mai 1871. Autre champ.	625	6,50	3,86
Blé. 30 mai 1871. Très-beau; la floraison commence.	565	10,95	6,7
Avoine. 30 juillet 1870. Six feuilles, belles.	570	9,11	2,0
Maïs. Juillet 1870. Plantes distantes de 30 à 33 centimètres	9	8,0	?
Maïs. 12 septembre 1870. Semé très-épais pour fourrage vert	132	22,04	60
Pré gazon. 31 mai 1871	1708	12,40	2,0
Trèfle. 15 octobre 1870. 1re année.	?	16,36	?
Luzerne. 4 juin 1870. Assez belle	868	7,03	1,99
Luzerne. 3 mai 1871. 4me année; haute de 35 centimètres.	1225	12,42	4
Pommes de terre. 30 juillet 1871	5,6	6,88	?
Chou branchu. Septembre 1871	9	8,00	?
Vigne. 23 août 1871. Chasselas.	1,5	4,94	?
Sapin de 30 à 40 ans	0,12	11,75	?
Chêne. Tronc de 1m,15 de circonférence à 1 mètre de hauteur	.	9,00	?

On voit dans quelles proportions souvent énormes la végétation augmente la surface d'évaporation de la terre! Pour obtenir les chiffres ci-dessus, j'ai compté les deux faces des feuilles. Je devais le faire, d'un côté parce que j'avais compté de même pour déterminer la quantité d'eau évaporée par décimètre carré; de l'autre, parce qu'en effet les feuilles des graminées, des légumineuses et des crucifères transpirent par leurs deux faces. Mais les feuilles de la vigne, du chêne et, en général, celles des arbres de nos forêts (sauf ceux qui ont des aiguilles) ne transpirent que par leur face inférieure, ou du moins transpirent très-peu par leur face supérieure.

Il faut remarquer aussi que, dans un champ de blé, de maïs-fourrage et de trèfle très-épais, comme dans une forêt touffue, les feuilles supérieures font ombre aux feuilles inférieures, et par conséquent diminuent leur

transpiration. Je ne crois pas que la surface réellement active du feuillage dépasse jamais 8 à 10 mètres par mètre carré de terre. Quand les plantes sont très-serrées, les feuilles du bas jaunissent peu à peu et finissent par se dessécher et par tomber, comme on le voit pour le trèfle et le blé. Il en est de même dans une forêt où les branches inférieures, privées de lumière, fonctionnent mal et finissent par périr.

En me servant des données qui précèdent et les corrigeant d'après les observations faites dans les cultures de Calèves, j'arrive aux chiffres suivants pour la consommation moyenne quotidienne des plantes. Je l'exprime en millimètres d'eau :

Luzerne	3,4 à 7 millim.
Prairies	3,14 à 7,28
Avoine	2,9 à 4,9
Fèves	plus de 3
Maïs	2,8 à 4
Blé	2,67 à 2,8
Trèfle	2,86
Seigle	2,26
Vigne	0,86 à 1,3
Pomme de terre	0,74 à 1,4
Sapin	0,5 à 1,1
Chêne	0,45 à 0,8

Le célèbre botaniste Schleiden avait déterminé, au moyen de pesées directes, la quantité d'eau évaporée par un mélange d'avoine et de trèfle semé dans une caisse en tôle remplie de terre. Il l'avait trouvée égale à 3,284,000 kilogrammes par hectare, du 12 avril au 19 août (ce qui ferait 2,5 millimètres par jour). Devant ce chiffre, et surtout devant celui de 12,000,000 kilogr. que Schübler avait déterminé comme évaporation d'un hectare de gazon

pendant l'été, M. Schleiden se demande comment les quantités de pluies peuvent suffire à ces énormes besoins de la végétation, surtout si les rivières et les fleuves conduisent à la mer $^1/_2$ à $^3/_4$ de l'eau tombée. « Ainsi, dit-il, pendant mes expériences, du 12 avril au 19 août, il n'est tombé à Iéna que 3,088,000 kilogr. d'eau de pluie et de rosée, dont la moitié seule a pu être utilisée par les plantes. Ces dernières n'ont donc eu que 1,544,000 kilogrammes d'eau pour subvenir aux besoins d'une évaporation de 3,284,000 kilogr. D'où ont-elles tiré les 1,740,000 kilogr. qui font la différence? » Et il en conclut que l'absorption de la vapeur d'eau de l'atmosphère par le sol doit être infiniment plus grande qu'on le suppose.

Il y a du vrai dans cette conclusion, mais il faut pourtant la réduire à sa juste limite. Pendant l'été, les eaux de pluie sont toutes retenues par la couche arable, si elles ne sont pas absorbées et évaporées par les plantes; il n'y en a ordinairement pas assez pour qu'il puisse s'en perdre dans le sous-sol, et l'eau que les fleuves mènent alors à la mer provient presque tout entière des neiges et des pluies de l'hiver et du printemps. On peut donc conserver le chiffre de 3,088,000 kilogrammes comme contribution réelle de la pluie et de la rosée aux besoins de la végétation. Il ne reste qu'une différence de 196,000 kilogrammes, ou 1^{mm},96 à trouver. Celle-là représente réellement l'eau absorbée par le sol à l'état de vapeur d'eau ou du moins la différence entre l'eau absorbée ainsi pendant l'été et l'eau évaporée directement par le sol.

Essayons, à l'exemple de M. Schleiden et d'après les données que mes expériences ont fournies, de comparer les quantités d'eau évaporées par quelques-unes des

plantes de nos champs et de nos forêts, avec les conditions météorologiques où elles se trouvent placées. Connaissant leurs besoins, nous verrons dans quelles limites elles trouvent à les satisfaire et quelles sont les conséquences qu'on peut tirer de cette comparaison.

Luzerne. Les pluies d'été qui tombent habituellement sous notre climat ne peuvent pas suffire à une évaporation de $3^m,4$; elles surpassent rarement une moyenne de 2,5 à 3 en mai, juin et juillet. Il faut donc que la luzerne ait recours à l'humidité que la terre a emmagasinée dans ses profondeurs pendant l'hiver et le premier printemps. Ces provisions sont considérables. Saturées d'eau, mes terres peuvent en renfermer jusqu'à 30 °/₀; la luzerne peut en consommer la moitié sans arriver à la limite où elle trouve le sol trop sec. Or, pour une couche de:

30 cent.	de profondeur,	15 °/₀	représentant	60	mill. d'eau
60	—	—	—	120	—
90	—	—	—	180	—
$1^m,20$	—	—	—	240	—

60 millimètres tirés de la terre dans l'espace d'un mois équivalent à une pluie de 2 millimètres en moyenne par jour; en l'ajoutant à la pluie qui tombe réellement, on arrive à une moyenne de 4,5 à 5 millimètres d'eau par jour, qui peut déjà suffire à la consommation d'une luzernière. Mais, pour arriver à un débit de 7 millimètres par jour, il faut que celle-ci aille puiser, grâce à ses longues racines, à des profondeurs plus grandes, surtout quand la terre est légère et le sous-sol très-perméable, ou qu'elle soit irriguée, comme dans le midi de la France. La luzerne peut ainsi supporter de longues sécheresses. Dans mes terres argilo-calcaires, ses racines ne vont qu'à 4 pieds, profondeur des drains. A la fin de juillet 1869,

elle a souffert du sec, ou du moins sa végétation s'est arrêtée, parce qu'il n'était tombé pendant ce mois que 44^{m},70 de pluie, et pendant le mois précédent que 69^{m},15; par conséquent les ressources du sous-sol étaient à peu près épuisées.

Blé. Le blé d'hiver recommence à végéter au printemps quand la moyenne de la température de l'air à l'ombre dépasse 6°. Pendant les mois de mars et d'avril, l'humidité est favorable au tallage; il peut alors en supporter jusqu'à 5 millim. par jour en moyenne; mais en mai, 4 millim. le font verser, et, plus il approche de la maturité, moins il a besoin de pluie. En 1867 :

		mm		mm	
Il y a eu	en avril	156,77	de pluie, soit	5	par jour.
—	en mai	100,91	—	3,3	—
—	en juin	80,75	—	2,7	—
—	en juillet,	31,45	—	1,0	—
			Moyenne :	3,0	

C'était un peu trop d'humidité, sans toutefois qu'elle ait fait beaucoup de mal. La récolte a été moyenne comme grain et très-abondante en paille.

En 1868, au contraire, la moisson a donné beaucoup de grain et peu de paille. Du 1er avril jusqu'au 5 juillet, époque de la récolte, il n'est tombé que 153^{mm},2 de pluie, en moyenne 1^{mm},68 par jour. Pour achever son développement, il a fallu que les plantes usent des provisions d'eau renfermées dans le sol.

En 1869, la moisson n'a eu lieu que le 20 juillet. Il est tombé 256^{mm},55 de pluie en 101 jours, ce qui faisait 2^{mm},5 par jour, quantité suffisante avec un petit supplément fourni par la terre. La récolte a été satisfaisante comme grain et comme paille.

En 1871, il s'est développé beaucoup de tallages pendant le mois d'avril qui a été humide et chaud. Mais le mois de mai a été trop sec pour que ces tallages pussent bien se développer, et la moisson s'en est ressentie.

D'après M. Plantamour, il tombe à Genève en moyenne:

Au mois de mars		42	millimètres de pluie.
—	d'avril	58,7	—
—	de mai	82,3	—
—	de juin	75,6	—
	Total :	258,6 pour 122 jours,	

un peu plus de 2 millim. par jour. Il faut donc toujours que le blé trouve dans le sol un supplément d'humidité pour qu'il puisse se nourrir convenablement.

Le blé de printemps ne rend jamais autant que le blé d'hiver, sans doute en grande partie parce qu'il manque de l'eau indispensable pour dissoudre les matières nutritives renfermées dans la terre et les porter dans les organes des plantes.

Parmi ces matières nutritives, il en est qui sont peu solubles; pour les mettre en circulation, il faut 1000 à 2000 kilogrammes d'eau pour chaque kilogramme de cendres que contiendra la récolte.

Pour l'*avoine*, mes expériences de 1870 ont montré qu'il a fallu au moins 3000 grammes d'eau pour faire 12 grammes de matière sèche, donc 250 kilogrammes d'eau par kilogramme de matière sèche, c'est-à-dire, environ 1250 kilogrammes d'eau par kilogramme de matières minérales renfermées dans la récolte.

Il faut à cela ajouter l'eau évaporée directement par le sol, quand le semis n'est pas très-épais.

En juin 1868, 2^{mm},8 de pluie par jour n'ont pas suffi pour mes avoines de grande culture; elles ont souffert du sec.

Dans mes expériences de 1871, le *trèfle* a transpiré 263 kilogr. d'eau pour produire 1 kilogr. de substance sèche, le *maïs* seulement 216.

Quand le maïs est cultivé pour graine et que les plantes sont passablement espacées entre elles, il peut se contenter de peu de pluie, surtout si on sarcle bien la terre dans les intervalles. Il lui faut, d'ailleurs, pour arriver à maturité, une somme de chaleur et de lumière à peu près égale à celle que demande la vigne.

Mais, quand on sème le maïs à la volée ou en lignes très-rapprochées, pour le faucher en vert comme fourrage, le développement de ses feuilles est si grand qu'il lui faut beaucoup d'eau pour prospérer. Ainsi, dans mes cultures, il a souffert à la fin de juillet 1869, parce qu'il n'était tombé pendant ce mois que $44^{mm},70$ de pluie. En juin 1868, il a cessé de grandir parce qu'il faisait trop sec ; il était tombé 35 millim. de pluie jusqu'au 11, mais depuis ce jour, il n'avait plu qu'une fois, le 24 ($11^{mm},65$). Quand il fait trop sec et trop chaud, les tiges de maïs contiennent peu de sucre; il paraît se transformer trop vite en cellulose. Elles en contiennent également peu, quand il fait trop humide et trop froid; mais alors ce sont les acides qui prédominent. J'ai observé ce cas du 12 au 15 août 1866; mes vaches refusèrent de manger le maïs, parce qu'il était trop aigre. Il avait beaucoup plu au commencement du mois (5 millim. par jour); mais, après quelques jours de sec et de chaleur lumineuse, le maïs avait repris son goût sucré.

La *vigne* n'évapore elle-même que l'équivalent de 0,60 à 0,86 millim. d'eau par jour (dans les beaux jours de juillet environ 1 kilogr. par cep). Mais il faut y ajouter

l'évaporation directe de la terre entre les ceps, et, de plus, il faut tenir compte de la pluie qui, sur les fortes pentes où sont ordinairement établis les vignobles, s'écoule sans pénétrer dans le sol.

Aussi la végétation de la vigne exige-t-elle au moins $1^{mm},4$ en moyenne par jour, même dans les terres fortes. En 1869, mes vignes ont cessé de pousser à partir de la fin de juillet. Nous avions eu en juillet $44^{mm},70$ de pluie; nous en avons eu en août 41,85. Les raisins n'ont pu grossir que grâces aux traces d'humidité que les longues racines de la vigne trouvaient encore dans les profondeurs du sous-sol.

Il en a été de même en 1870. Dans les dernières semaines qui ont précédé la vendange, la terre était si sèche qu'elle ne pouvait plus suffire aux besoins de la transpiration des feuilles et des raisins. Il en est résulté une diminution énorme dans la quantité du vin récoltée; mais la qualité a été parfaite. L'évaporation des raisins peut atteindre quelquefois l'équivalent de 10 hectolitres par hectare et par jour. On voit qu'il faut beaucoup d'eau pour produire du vin.

Prairies. Dans mes expériences de 1871, une surface de 2 décimètres carrés en gazon très-épais de rye-grass anglais, a consommé en 39 jours, du 25 juillet au 3 septembre, 5621 grammes d'eau pour produire 9 grammes de matière séchée à 100°.

Cela fait par hectare 281 millimètres de hauteur d'eau pour produire 4500 kilogr. de substance complétement sèche ou (comme le foin contient ordinairement encore 15 °/₀ d'eau) 5175 kilogr. de foin, soit 545 kilogr. d'eau pour produire 1 kilogr. de foin.

C'est une consommation de 7 millim. de hauteur d'eau par jour, chiffre qui coïncide avec ceux qu'ont trouvé Schübler et M. Marié-Davy dans des conditions analogues.

Ces conditions sont celles d'une prairie abondamment pourvue d'eau dans la saison la plus chaude de l'année.

Les jours où le ciel était couvert, l'air humide et par contre la terre un peu sèche, l'évaporation se réduisait au quart de la moyenne, c'est-à-dire, à l'équivalent de $1^{mm},4$.

Dans la région des vignobles du sud de la Suisse et en Savoie, les prés commencent à verdir quelquefois à la fin de mars, et le plus souvent dans les premiers jours d'avril; la fenaison commence avec le mois de juin. C'est donc pendant les mois d'avril et de mai que se fait la croissance de l'herbe.

Or, voici quelles ont été à Calèves les récoltes en foin et les quantités de pluies et de chaleur pendant ces deux mois dans les six dernières années :

(*Voir le tableau à la page suivante.*)

Ainsi, il a fallu en moyenne 438 kilogr. d'eau de pluie pour 1 kilogr. de foin.

Les récoltes dépendent plus de la quantité de pluie que de la chaleur; ainsi 1867 a donné des foins abondants, quand même la chaleur a été plus faible en avril et mai et malgré le gel du 24 mai. En 1868, 1870 et 1871, les plantes n'auraient pas eu leur moyenne d'eau, si elles n'avaient pas trouvé un supplément dans les provisions absorbées par le sol, qui était abondamment pourvu en 1868 et 1871, puisque les drains ont coulé jusque fin mai et fin avril. En 1870, les drains ont cessé de couler dès

ANNÉES	RÉCOLTE de foin par hectare	PLUIE		LES DRAINS cessent de couler	MOYENNE des températures à l'ombre			ÉPOQUE du départ de la végétation des prés	OBSERVATIONS
		en avril et mai	moyenne par jour		en avril	en mai	dans les 2 mois		
	kilogr.	millim.	millim.						
1866	4350	242,15	4.03	fin mai	12,42	13,70	13,06	fin mars	
1867	3800	256.00	4.26	fin mai	10.67	13.11	11,89	15 mars	gel tardif le 21 mai.
1868	3200	107.90	1.80	fin mai	9,00	18,72	13.86	6 avril	
1869	3100	160.10	2,66	fin mars	10,80	15,67	13.23	8 avril	
1870	1450	32,30	0,54	fin mars	9,8	16.12	12.96	1ers jours d'avril	
1871	3350	98,15	1,66	fin avril	11,2	13,91	12,46	7 avril	
Moyenne	3410	149,43	2,47		10,62	15,20	12,91		

la fin de mars; mais la terre saturée renfermait 25 à 30 % d'eau, dont 15 % ont pu être absorbés avant que les plantes souffrissent de la sécheresse; à 30 centimètres, ces 15 % font 60 millim., soit 1 millim. par jour; ce qui est insuffisant encore. Elles ont dû tirer de l'humidité de plus bas encore pour subvenir à leurs besoins.

Voici quelles ont été, à Calèves, les quantités de regain produites par hectare de prés et des pluies tombées en juin, juillet et août de 1866 à 1871.

	Regain par hectare.	Pluies d'été.
1866........	1046 kilogr.	375,84
1867........	369 —	161,95
1868........	397 —	240.60
1869........	387 —	155,70
1870........	très-peu	156,43
1871........	1350 kilogr.	235,35
Moyenne :	600 kilogr.	220,90

C'est à peu près 3 kilogr. de regain par millimètre de pluie.

En comparant ces *coefficients* de la production des fourrages avec les quantités moyennes de pluie qui tombent au printemps et en été dans les diverses contrées de l'Europe, on peut trouver des résultats fort intéressants au point de vue agricole.

Quand la pluie ne suffit pas, on irrigue. Or, la quantité d'eau la plus faible que l'on emploie pour les irrigations est, en Lombardie, 1 litre par seconde et par hectare, c'est-à-dire par jour une hauteur de $8^{mm},64$, à peu près de quoi suffire à la transpiration que mes expériences ont constatée. Dans son mémoire sur l'emploi des eaux d'irrigation, M. Hervé-Mangon cite, pour le département de Vaucluse, des quantités qui ne s'éloignent pas beau-

coup de celle-là. Comme il l'a remarqué, elles suffisent quand l'eau ne doit agir que par elle-même. Dans les pays où les irrigateurs emploient plus d'eau, par exemple dans les Vosges et en Allemagne, ils ont pour but de fournir en même temps aux prairies les substances fertilisantes que ces eaux tiennent en dissolution; alors les trois quarts de l'eau n'agissent que comme véhicule d'engrais.

Forêts. Le chiffre de $1^{mm},1$ d'évaporation par jour pour un hectare de forêt de sapins est au maximum obtenu dans des conditions exceptionnellement favorables, sol fertile et humide avec lumière abondante. Par contre, la surface du feuillage du chêne a été mesurée en 1870, année où il était moins développé et moins beau que d'ordinaire.

Après avoir mesuré exactement la surface des feuilles de quelques branches et la circonférence de leur tige, j'ai trouvé que cette surface était dans un rapport assez exact avec le carré de cette circonférence. C'est sur cette base que j'ai calculé la surface totale des feuilles, après avoir mesuré la circonférence du tronc.

On voit que si, comme je l'ai montré dans un précédent mémoire, un hectare de forêt évapore plus d'eau qu'un hectare de terre nue, elle évapore beaucoup moins qu'un hectare de fourrages verts ou de pâturages.

Ainsi, pour expliquer le rôle si utile que les forêts remplissent dans les pays de montagnes en régularisant les cours d'eau et prévenant les inondations, il n'est pas besoin d'admettre qu'elles absorbent par leurs feuilles l'humidité de l'atmosphère, ni qu'elles favorisent d'une manière quelconque la condensation de cette humidité sous forme de pluie, faits qui sont loin d'être bien dé-

montrés. Non-seulement elles retiennent la terre meuble au milieu du clayonnage naturel que forment leurs racines et l'empêchent d'aller combler les lits des torrents et des rivières; non-seulement elles ralentissent l'écoulement des eaux de pluies et permettent à la terre d'en retenir une partie, *mais elles évaporent moins qu'une surface égale de pâturages*. S'il tombe en moyenne 2 $^1/_2$ millim. d'eau par jour, dont 2 millim. pénètrent dans le sol, les forêts n'en dépensent pas la moitié. Le reste peut se conserver dans le sous-sol et alimenter ces filets d'eau souterrains qui coulent longtemps à la surface des roches, sous les débris meubles qui les recouvrent, jusqu'à ce que leur thalweg invisible aboutisse à la surface de la pente et donne jour à la source.

DE LA

LOI DE ROTATION DU SOLEIL

PAR

M. LE PROFESSEUR F. ZÖLLNER [1].

Le Mémoire que nous analysons est le troisième de ceux qui ont été présentés par son auteur à la Société Royale des Sciences de Saxe, sur la théorie du Soleil. Tout le monde sait la place éminente qu'occupe aujourd'hui M. le professeur Zöllner dans cette étude, et le service signalé qu'il a rendu aux astronomes en leur indiquant un procédé simple et commode pour contempler les protubérances solaires, fondé sur la découverte de MM. Janssen et Lockyer. Après avoir exposé ses vues sur divers caractères de la constitution du Soleil, auxquelles nous ferons allusion dans ce résumé, le but de son Mémoire actuel est de rendre compte du phénomène, souvent déjà mentionné dans les *Archives*, d'après lequel les vitesses de rotation des diverses zones de la surface solaire vont en diminuant à mesure que leur latitude héliographique augmente.

Ce phénomène a été le puissant argument qui a exclu naguère de la science l'hypothèse du Soleil solide et qui l'a remplacée par celle d'un corps fluide, gazeux selon les uns, liquide selon les autres. M. Zöllner s'est prononcé

[1] Ueber das Rotations-Gesetz der Sonne und der grossen Planeten. *Berichte der königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften*. Séance du 11 février 1871.

précédemment pour la seconde de ces alternatives. Il admet avec Kirchhoff, que la surface du Soleil doit être un liquide incandescent, et avec nous, que les taches y sont des matières analogues à des scories, surnageant dans ce liquide et résultant de refroidissements locaux à sa surface. Ces refroidissements se produisent dans les régions où l'atmosphère est particulièrement calme et limpide, et où, par là même, le rayonnement calorifique se trouve le plus favorisé. Par suite des variations de ce rayonnement et du mouvement de rotation de l'ensemble, il doit se développer à la surface du globe solaire des courants qui sont dirigés des pôles vers l'équateur.

La distribution des températures à la surface du Soleil a été démontrée par lui être le résultat immédiat d'une réaction thermique de ces courants sur la surface solaire. Il s'agit de montrer aujourd'hui la loi de rotation du Soleil étant le résultat nécessaire d'une réaction mécanique de ces courants sur sa surface.

Pour le démontrer, il considère le cas d'un globe solide et homogène, tournant autour de son axe et à la surface duquel une couche liquide très-mince se meut avec une vitesse constante des pôles vers l'équateur. Le liquide se répandant en tout sens se trouve sous l'influence de deux forces : la pesanteur et le frottement sur la surface de la sphère. La composante de la vitesse d'une molécule liquide dans le plan d'un parallèle peut être exprimée en fonction de sa latitude, et on trouve que l'étendue de la surface frottante du liquide en mouvement, pour l'unité de masse, croît proportionnellement au cosinus de cette latitude.

Un élément de la masse liquide reçoit donc par la diminution de sa latitude, par le fait de son frottement

extérieur contre la surface de la sphère en mouvement, une certaine impulsion et, par suite, un accroissement de vitesse dans le sens de la rotation. On arrive ainsi à obtenir pour l'expression de la vitesse angulaire ξ d'une molécule, dont la latitude est φ, à la formule:

$$\xi = \frac{M - N \sin.^2 \varphi}{\cos. \varphi}$$

où M et N sont des constantes à déterminer par l'observation.

Cette formule sera encore valable pour le cas où au lieu d'une masse liquide on aurait à considérer un fluide élastique.

Supposons maintenant la surface de la sphère solide tournant sur son axe, recouverte d'une couche liquide très-mince par rapport à ses dimensions, et dont les particules ne puissent se déplacer avec un certain frottement que dans le plan des divers parallèles. Au-dessus de cette couche descend des pôles vers l'équateur une masse gazeuse L, qui est en relation avec la couche liquide mobile F par le fait de son frottement. La vitesse de rotation d'une particule de cette dernière couche F peut être obtenue en fonction de sa latitude.

La loi de l'accroissement de la vitesse, d'après laquelle les particules de la masse gazeuse reçoivent une impulsion de la couche liquide sous-jacente est inconnue. On reconnaît toutefois que la loi du mouvement de rotation cherchée doit se trouver entre deux cas extrêmes, dont l'un a lieu lorsque le déplacement entre la masse gazeuse L et le liquide F devient si minime, que la différence de leurs composantes dans le plan d'un cercle de latitude disparaît. Dans ce cas, la couche liquide peut être considérée, quant

à son déplacement dans le dit plan, comme appartenant à la masse gazeuse pour laquelle la loi précitée est valable.

L'autre cas se présente lorsque le déplacement entre la couche liquide et la surface de la sphère est si minime que la différence entre leurs vitesses de rotation disparaît. Alors la couche liquide considérée se comporte comme une couche de la surface de la sphère solide, et elle possède pour tous ses points une vitesse angulaire indépendante de la latitude.

On peut donc représenter la loi cherchée pour la couche liquide par la formule :

$$\xi = p\left(\frac{M - N \sin.^2\varphi}{\cos\varphi}\right) + q\,\xi_1$$

où ξ_1 est la vitesse angulaire de la sphère solide, et p et q deux facteurs dépendant de la latitude φ et des coefficients de frottement du liquide à l'intérieur sur la sphère solide, à l'extérieur contre l'enveloppe gazeuse. Ces deux fonctions sont dans un rapport tel, que si la proportion du coefficient du frottement intérieur à l'extérieur devient très-grande, la valeur de p pour toutes les valeurs de φ s'annule et q devient une constante. Si, au contraire, le rapport des deux coefficients de frottement se rapproche de l'unité, q disparaît pour toutes les valeurs de φ et p devient constant.

La forme générale de cette loi reste encore la même lorsqu'on fait complète abstraction de la sphère solide et qu'on la remplace par une sphère liquide homogène, dont la surface est supposée mobile de la manière ci-dessus indiquée. Alors la couche liquide considérée tout à l'heure se transforme dans la couche extrême de la sphère li-

quide, et son déplacement devient dépendant du coefficient du frottement interne du liquide, tandis que l'effet des courants polaires atmosphériques sur la couche extérieure est régi par le coefficient du frottement extérieur relatif à la masse gazeuse. Les courants superficiels excités dans le liquide par l'action des courants atmosphériques prennent alors le caractère de courants de remous. Ces courants ont une profondeur proportionnellement peu considérable, en sorte que les couches inférieures du liquide peuvent être considérées vis-à-vis d'eux comme appartenant à un corps rigide. L'épaisseur de la couche mobile étant infiniment petite par rapport au rayon de la sphère, on peut ne pas tenir compte des différences de vitesse aux diverses profondeurs de cette couche et se borner à considérer une vitesse moyenne superficielle.

On rentre ainsi dans des conditions comparables aux circonstances de la surface du Soleil, si celle-ci est considérée comme liquide et soumise à l'action de courants atmosphériques polaires. Le déplacement des particules liquides n'est pas ici, il est vrai, limité dans une seule direction parallèle aux cercles de latitude; mais le mouvement parallèle aux méridiens, en sens contraire dans les deux hémisphères, a un effet distinct et qui permet de le considérer à part, sans préjudice des conclusions à tirer pour ce qui concerne la composante parallèle aux cercles de latitude.

Il s'agit donc de comparer cette théorie avec les mouvements du soleil déduits des observations des taches solaires faites par Carrington et Spœrer. Il ne peut s'agir dans cette comparaison que de rechercher si, en donnant une valeur convenable aux constantes contenues dans les formules ci-dessus, elles peuvent satisfaire suffisamment aux observations.

Dans l'expression adoptée tout à l'heure comme représentant la loi de rotation, les deux quantités p et q contiennent des fonctions inconnues de φ, dont les relations ont été indiquées. Pour la pratique, il faut examiner en premier lieu lequel des deux termes dans la formule répondra le plus probablement aux circonstances solaires. La disparition du second terme est liée à la condition que le coefficient du frottement intérieur du liquide ne diffère pas notablement de celui du coefficient de frottement extérieur contre l'atmosphère. Dans ce cas le facteur p se transforme aussi en une constante, et l'expression de la loi se réduit à la forme simple :

$$\xi = \frac{A - B \sin.^2 \varphi}{\cos. \varphi}$$

où A et B sont des constantes à déterminer par l'observation.

Quelque incomplètes que soient nos notions sur les frottements intérieurs et extérieurs des liquides et des gaz, les expériences de divers savants ont constaté certains faits pouvant servir à cette recherche. Des essais tentés pour mesurer le frottement entre des corps solides et gazeux ont prouvé que l'air adhère d'une manière intense à la surface des corps solides examinés, de telle sorte qu'il n'existe pas de glissement de l'air sur la surface solide. La question se ramène donc à rechercher la valeur du frottement interne de l'atmosphère comparée à celle du frottement interne du liquide incandescent de la surface solaire. Ces deux coefficients ne doivent pas être très-différents l'un de l'autre, et des expériences anciennes démontrent que pour un gaz le coefficient de frottement est indépendant de sa densité, mais proportionnel à la racine

carrée de sa température absolue. Dans une précédente dissertation, M. Zöllner a conclu à une température à la surface du Soleil valant approximativement $t=27700°$ C.

Appelant η_0 le coefficient de frottement interne d'un gaz à 10° C. au-dessus de 0, ou à 283° de température absolue, on aurait pour η, valeur de ce coefficient à la température de 27700°, par suite de la relation :

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \sqrt{\frac{27700}{283}}, \qquad \eta = 9{,}9\,\eta_0.$$

Tout lui fait supposer, d'ailleurs, que le 2[d] terme de la formule générale pour la loi de rotation du Soleil peut être négligé.

Se servant alors des observations de M. Carrington pour le calcul des constantes A et B, il trouve, par la méthode des moindres carrés appliquée aux observations des deux hémisphères :

$$A=863{,}4. \qquad B=619{,}5.$$

En comparant ensuite le calcul de ξ pour les diverses latitudes héliographiques par sa formule, avec le même calcul fait par les formules empiriques de Faye et de Carrington, on trouve qu'elle les représente sensiblement mieux, si l'on tient compte de toutes les observations ; mieux que celle de Faye et un peu moins bien que celle de Carrington, si on néglige les observations extrêmes de 45° et de 50°.

La répartition des signes des erreurs, constamment de même espèce dans un hémisphère, démontre que la loi de rotation ne peut pas être exactement la même dans les deux hémisphères. Les constantes A et B dépendent de la constitution physique, par conséquent de la tempéra-

ture, des coefficients de frottement, etc., à la surface du Soleil, et ces circonstances variant, suivant certaines observations, dans chaque hémisphère, avec la distribution des taches, autre circonstance qui doit influer sur les circonstances de flottaison des masses en mouvement, il serait rationnel de procéder séparément dans chaque hémisphère à la détermination de ces constantes en prenant alors les valeurs suivantes :

Pour l'hémisphère nord, A=863,8; B=613.2,
Pour l'hémisphère sud, A=861,8; B=620,5.

Procédant à une nouvelle comparaison, on trouve l'accord entre le calcul et l'observation presque parfait pour l'hémisphère nord, moins satisfaisant pour l'hémisphère sud. Avec quelques modifications, on arrive toutefois à représenter toutes les observations mieux qu'avec la formule empirique de Carrington. Il s'agira ensuite de rapprocher ces facteurs de circonstances physiques analogues à la surface de la terre pour en confirmer la valeur.

Les considérations qui suivent doivent maintenant montrer comment cette théorie est aussi en état de rendre compte des modifications à la loi de rotation que subit cette loi aux différentes époques d'une période de taches solaires.

Nous avons admis que la profondeur à laquelle les particules de la sphère liquide se comportent conformément à la loi de rotation normale est infiniment petite par rapport aux dimensions de la sphère. Si l'on recherche quelles sont les vitesses à différentes profondeurs de cette couche mince, on trouve que le rapport de la vitesse v_a d'un point situé à la surface du liquide comparée à la vitesse v_i d'un point situé à l'intérieur de la couche, à la profon-

deur où la loi de rotation commence à être assimilée à celle d'une sphère rigide, va toujours en diminuant en allant des pôles à l'équateur et qu'il doit, par conséquent, être en général toujours plus petit que l'unité.

On arrive ainsi au résultat important que, au dedans de la couche mince superficielle de la sphère liquide en mouvement, la vitesse de rotation croît avec la profondeur, en sorte que les couches inférieures devancent celles qui sont situées au-dessus d'elles dans le sens de la rotation.

Comme évidemment cette loi s'applique aussi à la couche atmosphérique mince qui, comme courant polaire, engendre les courants de remous à la surface du liquide, et qu'il faut admettre un passage continuel entre les vitesses des couches isolées de l'atmosphère et du liquide, il s'ensuit que, excepté dans les régions polaires où les courants ont leur origine, il règne sur toute la surface du Soleil des vents d'est[1] dont la vitesse croît à mesure que la latitude diminue et atteint son maximum à l'équateur.

Les courants de remous à la surface liquide incandescente du Soleil sont donc généralement dirigés par rapport au noyau intérieur, tournant normalement autour de son axe, de l'est vers l'ouest, et la loi de rotation est une conséquence du retard ou de l'arrêt que subit le mouvement de rotation des couches superficielles de la sphère par le fait des courants polaires de l'atmosphère.

Examinons maintenant les mouvements de corps nageant comme les taches à la surface du liquide incandes-

[1] Les désignations de direction s'entendent toujours ici héliocentriquement, en sorte qu'un vent d'est signifie un vent ayant une composante en sens opposé du mouvement rotatoire.

cent et exposés comme celle-ci, par suite du frottement, à l'influence retardatrice des courants polaires.

Admettons l'épaisseur d'une tache solaire comme très-petite par rapport à la profondeur du courant de remous, en supposant sa pesanteur spécifique peu inférieure à celle du liquide, la tache conservera la même vitesse que le courant environnant, tant que le frottement entre sa surface et l'atmosphère ne sera pas plus grand que celui qui existe entre le liquide et cette atmosphère. Si, au contraire, ce frottement est plus fort, la tache subira un arrêt plus considérable dans son mouvement de rotation et se mouvra par conséquent plus lentement dans le sens de cette rotation que le courant.

Il est probable que cette hypothèse se réalise, si la tache est considérée comme une agglomération de scories.

Admettant donc le frottement de l'atmosphère à la surface des taches solaires comme plus intense qu'à la surface du liquide environnant, il s'ensuit que la vitesse de rotation d'une particule liquide sera plus grande que celle d'une tache observée à la même latitude. Cette différence sera sans influence sur la formule générale de la loi de rotation tirée des mouvements des taches, tant que la diminution de vitesse de la tache pourra être admise comme étant proportionnelle à la vitesse du courant pour toutes les latitudes. Mais il faut pour cela que le nombre des taches se trouvant à la fois sur une même latitude ne soit pas trop considérable, afin de ne pas entraver la vitesse du courant dans toute son étendue. Ceci ne peut manquer d'arriver lorsque les taches sont très-abondantes et qu'elles se comportent alors comme des îles au milieu d'un courant.

Grâce à la répartition des taches sur deux zones limi-

tées entre 5 et 30° de latitude boréale et australe, cette influence ne peut atteindre un maximum que vers le milieu de ces zones, soit à 17°,5, et cela aux époques de plus grande abondance de taches.

Il n'a pas été tenu compte jusqu'ici de cette influence, mais la chose est possible en introduisant dans la formule de la vitesse de rotation un terme négatif qui varie avec la latitude et atteigne un maximum pour une valeur de φ de 17°,5 environ. Elle aurait la forme :

$$\xi = \frac{A - B \sin.^2 \varphi}{\cos. \varphi} - Cf(\varphi).$$

La marche des erreurs calculées d'après la formule dépourvue de ce terme nouveau indique l'opportunité de son introduction.

Mais cette influence doit être encore plus forte à l'époque des maxima des taches. Spörer a déjà constaté cette influence et a trouvé une formule pour représenter ses observations. Il a calculé les valeurs des constantes A et B en excluant les observations de taches voisines de l'équateur et les trouve de A = 858,6, B = 550,9.

Le maximum d'erreur résultant de ses comparaisons se trouve coïncider avec la latitude de 18°,23′, assez près du milieu de la zone 5 à 30°, où la fréquence des taches est la plus grande.

Si l'on veut déterminer la $f(\varphi)$ introduite dans la formule ci-dessus, on est amené à la représenter par une fonction circulaire et à la mettre sous la forme $f(\varphi) = \cos(\varphi - \alpha)$ dans laquelle α représente l'angle entre 5 et 30° où la fonction atteint un maximum. En fixant la valeur de son coefficient C par les observations de Spörer, on arrive à une nouvelle comparaison plus satisfaisante que

les précédentes, et prouvant que la loi de rotation se maintient aussi pendant les périodes d'abondance de taches[1].

Les mouvements des taches considérés jusqu'ici ne sont pas les seuls auxquels un corps solide nageant dans le liquide incandescent dans l'intérieur des courants de remous est soumis.

Supposons, par exemple, une sphère de plus petit diamètre que l'épaisseur de la couche en mouvement et de densité peu inférieure à celle du liquide dans lequel elle flotte. Comme les parties inférieures de la sphère plongent dans des couches plus profondes et que ces couches ont une vitesse plus grande dans le sens de la rotation que les couches supérieures, il se produit un moment de torsion, par suite duquel la sphère tend à être mise en mouvement de rotation autour d'un axe horizontal situé dans le plan méridien et dans un sens contraire à celui de la rotation de la grande sphère.

Un second moment de torsion sera aussi produit autour de l'axe de la sphère située normalement à la surface liquide, puisque les parties de la sphère les plus éloignées de l'équateur sont soumises à une impulsion plus faible que les plus voisines, par suite de la différence de vitesse dans la rotation des zones suivant les latitudes. La direction de la rotation ainsi produite doit être en sens opposé dans les deux hémisphères.

La rotation autour de l'axe horizontal sera beaucoup plus rapide que celle autour de l'axe vertical, puisque les vitesses des couches varient beaucoup plus promptement

[1] Nous renvoyons au mémoire original pour les tableaux représentant ces diverses comparaisons que nous ne pouvons reproduire ici.

dans le sens de la profondeur que dans celui de la latitude.

Cependant cette relation se modifie aussitôt qu'on suppose un corps *plat*, c'est-à-dire de dimensions plus petites dans le sens vertical que dans le sens horizontal, au lieu d'une sphère nageant dans le liquide. Le moment de torsion précité ne pourra produire alors de rotation autour d'un axe horizontal, que s'il est en état de surmonter la pression résultant du soulèvement partiel des parties intérieures du corps flottant hors du liquide, c'est-à-dire de la déviation de son centre de gravité de la normale. Si la grandeur du moment de torsion ne suffit pas à produire cet effet, son action tendra à occasionner un changement de position du corps flottant, consistant à soulever la partie antérieure et à enfoncer la partie postérieure au sens du mouvement, de manière à faire équilibre au moment de torsion. La surface de corps ainsi sollicités ne sera dès lors plus horizontale, mais un peu oblique et se soulevant dans le sens de la rotation. La grandeur de l'angle d'inclinaison ainsi produit dépend, d'une part, du rapport de l'épaisseur à la surface des corps flottants; d'autre part, de la profondeur de leur enfoncement et de la différence de vitesse règnant aux diverses profondeurs des couches fluides. Si ces circonstances varient pour le même corps, elles doivent être accompagnées de changements dans les mouvements de rotation et de translation.

Une rapide augmentation dans le degré d'enfoncement, par exemple, serait accompagnée d'un accroissement de vitesse dans le sens de la rotation, puisque dans ce cas les couches inférieures plus rapides auraient plus d'action sur le mouvement de la masse flottante. Si le corps venait

à plonger subitement par le fait d'une rupture d'équilibre, il devrait surgir quelque part, ailleurs, plus en avant dans le sens de la rotation.

Ces considérations doivent s'appliquer directement aux taches solaires, dès qu'on les considère comme des corps rigides flottant sur la surface du Soleil. Les observations justifient ces présomptions d'une manière surprenante.

M. Carrington parle de la tendance des taches à diverger, fait qui trouve son explication très-simple dans ces vents violents occasionnés sur les côtes des îles-scories, qui, dans leur partie inférieure, c'est-à-dire à la surface des îles doivent avoir une direction centrifuge analogue aux vents de terre sur les côtes de la mer.

Des exemples de rotations de taches sont cités par différents observateurs : elles devraient se produire en sens opposé dans les deux hémisphères.

La tendance des taches à se rompre et à se partager serait expliquée par la pression produite par le moment de torsion autour de l'axe horizontal. Cette pression ne peut exister que par la cohésion de l'agglomération des scories; elle doit surmonter cette cohésion et amener une rupture dans la masse.

Cette rupture, comme du reste tout changement subit de formes des taches, doit nécessairement être liée à des changements dans le degré d'enfoncement des divers débris de scories et dès lors engendrer de grandes et subites différences dans les mouvements des taches, par suite des diversités de vitesses des couches liquides. On peut affirmer en général qu'aux époques où se manifestent des variations considérables dans l'enfoncement des taches, il y aura aussi de fortes perturbations dans leur mouvement. Ces variations seront surtout fréquentes dans

les phases de la naissance et de la disparition des taches. Dans le premier cas, l'épaisseur de la scorie augmente, dans le second cas elle diminue, et ce n'est qu'entre ces deux phases qu'on pourra admettre un état d'épaisseur relativement constante et par conséquent d'enfoncement constant.

Or Spörer a constaté que les lois de rotation ne peuvent s'appliquer aux époques de premier développement des groupes de taches, où des mouvements considérables, variés et opposés, se manifestent. « Après que la partie orientale d'un groupe a disparu, on voit, dit-il, subsister dans la partie occidentale un noyau principal, et celui-ci présente un mouvement correspondant à peu près à celui qui lui est assigné dans le tableau par sa latitude héliographique. »

Les désignations orientale et occidentale doivent s'entendre ici géocentriquement par rapport au disque solaire. La première désigne le bord de la tache suivant, la seconde le bord précédant la tache dans le sens du mouvement de rotation. La théorie émise donne aussi l'explication de la disparition précoce du bord postérieur. Si, en effet, on a égard à la position oblique de la surface d'une tache occasionnée par le moment de torsion, et au mouvement des taches dans les courants de remous, et en sens opposé, le bord postérieur de la tache plongera toujours en plus grande proportion dans le liquide incandescent et sera par conséquent plus vite dissous que le bord antérieur plus en saillie par la même cause.

On a conclu ci-dessus à l'existenee de vents d'est (héliocentriques) pour toute la surface du Soleil. Elle explique le fait relaté par Spörer et par les observateurs anglais, que les facules se rencontrent en beaucoup plus grand nombre

dans le voisinage des taches, près de leur bord postérieur. Ces facules sont des parcelles de l'atmosphère solaire, qui sont entraînées par les courants d'air s'exhaussant à la limite des taches et produisant de vraies surélévations de l'atmosphère incandescente au-dessus de son niveau habituel. L'éclat plus intense de ces phénomènes est la conséquence de trois circonstances : la température plus élevée des couches plus profondes de l'atmosphère, la plus grande épaisseur de la couche rayonnante et la diminution d'épaisseur des couches plus froides de l'atmosphère solaire, qui exerce une action absorbante sur la lumière émise par le globe solaire.

Il a été question plus haut de l'influence exercée sur le moment de torsion autour de l'axe horizontal par la proportion des dimensions du corps flottant en sens horizontal et en sens vertical. Plus cette proportion se rapproche de l'unité, plus le moment de torsion produira facilement un retournement réel au lieu d'une position inclinée. Si l'on étudie les variations de cette proportionnalité pour une tache solaire, dans les diverses phases de son développement, il est évident qu'au début l'épaisseur de la couche de scories est très-faible en comparaison de son étendue. L'épaisseur augmente pendant le cours de son développement ultérieur et croîtra entre autres constamment par la fusion de la partie postérieure de la tache jusqu'à la disparition de celle-ci. Il pourra arriver qu'à un instant donné le moment de torsion acquière la prépondérance sur la pression produite par la position oblique de la tache, qui sera dès lors entraînée à subir une culbute pareille à celles d'un corps flottant rapidement entraîné par un courant.

Un tel phénomène ne sera probable que dans la der-

nière phase du développement d'une tache. Celle-ci sera dès lors submergée, entraînée par les couches inférieures et surgira de nouveau à la surface à une place plus en avant dans le sens de la rotation. De telles apparences ne sont pas rares dans l'histoire des taches. Carrington en cite une vingtaine d'exemples; le Père Secchi parle de la réapparition de grandes taches à une petite distance de leur position primitive, mais toujours vers la partie antérieure. Il dit aussi (*Le Soleil*, page 93) : « Toutes les fois qu'une tache se divise, ou qu'elle subit un changement considérable dans sa forme, on observe toujours un mouvement brusque, une espèce de saut, qui se fait invariablement vers la partie antérieure, c'est-à-dire dans le sens où croissent les longitudes. »

Une condition essentielle inhérente à la théorie de ces phénomènes du mouvement est, on le voit, l'état de solide agrégation des taches solaires. Si elles étaient des masses nuageuses flottant dans l'atmosphère solaire, prenant part aux mouvements de cette atmosphère comme les nuages terrestres, elles subiraient, dans le cours de peu de jours, des changements aisés à prévoir. Les différences de vitesse rotatoire entre les latitudes voisines étant très-marquées, les taches seraient constamment entraînées à s'étendre, à s'allonger et à prendre l'apparence de raies parallèles à l'équateur, dont la longueur pourrait être calculée. L'observation ne justifie nullement ces prévisions, et nous pouvons en conclure que l'absence de cette formation en raies sur la surface solaire est un des arguments les plus probants contre la nature nuageuse des taches. Les bandes qui existent sur la surface des planètes Jupiter et Saturne fournissent une forte présomption en faveur de l'hypothèse que la loi de rotation de ces pla-

nètes est analogue à celle du Soleil, et que leur température est à un degré d'élévation considérable.

Si l'on résume les faits principaux sur lesquels est fondée la théorie actuelle du Soleil, on en trouve trois, bien établis et résultant de l'observation :

1° La rotation du globe solaire ;

2° La température élevée de sa surface ;

3° L'existence d'une atmosphère.

Un quatrième, déduit plus indirectement de la nature éruptive des protubérances, est la constitution liquide de la surface solaire.

Ces quatre points admis suffisent pour expliquer toutes les apparences observées.

Des deux premiers résulte le développement de la grande circulation dans l'atmosphère solaire, par suite de laquelle les masses gazeuses échauffées s'élèvent à l'équateur et produisent dans les parties basses de l'atmosphère des courants polaires, dans les couches élevées des courants équatoriaux, qui se meuvent les uns au-dessus des autres sans trop se troubler. Ces courants exercent sur la surface liquide-incandescente une double réaction, thermique d'une part et mécanique de l'autre. Par suite de la première, il se produit aux pôles, par le contact des courants équatoriaux descendants et relativement refroidis, un abaissement plus grand de température qu'aux régions équatoriales; par suite de la seconde, il se développe à la surface liquide des courants de remous qui modifient la rotation normale du globe.

Le rayonnement calorifique manifeste aussi son action par des altérations partielles de l'état physique de la surface liquide-incandescente, en produisant à des places isolées des effets de refroidissement sous forme de scories,

qui nous paraissent comme des taches obscures. Des taches de ce genre doivent naître le plus abondamment aux endroits de la surface solaire où ces conditions sont le plus favorables à un violent rayonnement calorifique. Ces conditions sont une clarté et une transparence aussi grandes que possible de l'atmosphère. Elles seront le moins à attendre là où, comme à l'équateur, des masses d'air échauffées et bien saturées de vapeurs seront promptement refroidies par le courant d'air montant, ou dans les régions où, comme dans les zones polaires, les masses d'air supérieures, relativement refroidies, se mélangent avec des couches plus chaudes et plus imprégnées de vapeur dans les portions inférieures de l'atmosphère. Dans les deux zones se présenteront des obscurcissements atmosphériques sous la forme de nébulosités, qui toutefois, par la nature fluide-incandescente de leurs composants, ne peuvent pas différer beaucoup en éclat de la surface du Soleil en général. Dès lors les taches se présentent en moyenne plus fréquentes dans les zones situées de côté et d'autre de l'équateur.

Chaque tache suppose à la surface du Soleil un espace environnant immédiatement son contour, soumis à un abaissement de température. Le trouble ainsi amené dans l'équilibre atmosphérique doit avoir pour conséquences des courants ascendants et descendants. La circulation qui en résulte enveloppe de sa partie ascendante l'extérieur des taches et occasionne le soulèvement des parties les plus chaudes de l'atmosphère au-dessus du niveau général des couches lumineuses : ainsi naissent les facules. La partie descendante de la circulation tombe sur la masse de scories et subit un refroidissement au moment de son passage sur une région de rayonnement moindre, par suite

duquel une partie des vapeurs émises se sépare sous forme de nuages. Ces nuages entourent jusqu'à une certaine hauteur les contours des scories et paraissent projetées sur elles sous forme de pénombres. Par cette manière de concevoir les pénombres s'explique leur stratification dirigée vers le centre des taches, aussi bien que l'enfoncement en forme d'entonnoir de leur surface. Les courants descendants dirigés vers l'intérieur de la tache influencent les positions relatives des nuages et doivent entraîner un abaissement de leur bord intérieur vers la surface de la tache. Par ces considérations se trouve expliquée l'apparence constatée par Wilson concernant les largeurs comparatives des pénombres suivant leur voisinage des bords du Soleil.

Chaque tache née dans les conditions indiquées doit se résoudre aussitôt que la température de l'amas de scories remonte au degré de l'incandescence environnante, et cela dès que la quantité de calorique reçue est plus grande que l'émission. Les nuages se condensant au-dessus de la tache viennent ralentir l'intensité du rayonnement, et, soit par l'effet de la conductibilité intérieure, soit par le réchauffement résultant des condensations extérieures, les scories se fondent de nouveau dans le liquide en fusion. Les nuages qui se forment au-dessus d'une région refroidie fonctionnent comme un espèce d'écran empêchant la continuation de ce refroidissement. Et comme cet écran est produit par l'action même de la place refoidie sur l'atmosphère qui l'entoure, et n'est possible que par le fait de l'existence de celle-ci, il s'ensuit qu'on peut considérer l'atmosphère solaire comme un régulateur du rayonnement calorifique de sa surface incandescente.

M. Zöllner développe encore cette idée de l'influence régulatrice du Soleil et croit pouvoir l'étendre à la pro-

duction des périodes reconnues dans l'apparition des taches. Il explique également la connexion entre les taches, les facules et les protubérances, par les variations de la pression atmosphérique dans les régions où se produisent les taches, qui facilitent les éruptions de gaz de l'intérieur. Enfin la distribution héliographique des protubérances lui paraît une conséquence naturelle de sa théorie. En effet, lorsque les courants ascendants dans l'atmosphère solaire provoquent des éruptions gazeuses par l'amoindrissement de pression qu'ils occasionnent, les courants descendants voisins doivent produire autour de la bouche d'émission une augmentation de pression, qui doit activer la sortie des gaz. De semblables pressions secondaires doivent manifestement naître le plus souvent dans le voisinage des taches, et par conséquent les éruptions protubérantielles être les plus fréquentes dans les zones d'abondance de taches.

Il n'est, on le voit, aucun détail dans les phénomènes solaires qui échappe à la théorie de M. le professeur Zöllner et à ses hardies explications. Nous ne saurions qu'applaudir à ces ingénieuses tentatives. Nous avons émis nous-mêmes, il y a sept ans [1], le principe sur lequel il base sa loi du mouvement de rotation du Soleil; il l'a complété et rectifié en indiquant la vraie cause des frottements existant à la surface de l'astre.

Il insiste sur la nature solide et rigide du noyau des taches, et donne en faveur de cette thèse un nouvel argument très-spécieux. Nous n'avons point abandonné l'idée des tache-scories. L'énorme température attribuée par plusieurs savants au globe solaire nous avait inspiré des doutes sur la possibilité d'admettre un état de cohésion

[1] Voyez *Archives*, tome XIX, p. 281 et suiv., avril 1864.

assez complet pour justifier l'existence de vastes croûtes nageant à la surface. Aujourd'hui cette température est contestée, et les nouvelles considérations de l'auteur augmentent la vraisemblance de son hypothèse. Il y a cependant une remarque restrictive à faire au point de vue de l'épaisseur des taches, croûtes solides. La présence des ponts lumineux qui les traversent sous toutes sortes d'aspects, en conservant un éclat pareil à celui de la photosphère, sont une présomption en faveur de l'état solide des taches. Ils seraient le résultat de fissures qui s'y produisent, et la cause de ces fissures est facile à pressentir, après ce que nous venons d'exposer des forces sollicitant ces vastes radeaux flottant à la surface du Soleil. L'existence de ces fissures doit faire conclure que les scories agglomérées ne doivent pas atteindre une épaisseur considérable. Leurs dimensions en sens horizontal parfois si énormes, en revanche, ne permettent guère de supposer que le moment de torsion mentionné tout à l'heure puisse produire des élévations sensibles du bord antérieur de la tache. Du moment que pareille action se manifesterait, elle aurait à lutter contre la force bien autrement puissante de la gravitation, qui infailliblement amènerait dans l'ensemble des ruptures ou des flexions, auxquelles aucune rigidité ne saurait résister.

Notre observation ne porte, du reste, que sur un détail peu essentiel à la théorie de M. Zöllner. Celle-ci n'en reste pas moins la seule jusqu'à ce jour, qui s'assimile d'une manière aussi complète aux circonstances connues de la physique solaire, sans être obligée de recourir à des suppositions tout à fait en dehors des notions générales admises dans la physique terrestre.

Emile Gautier.

OBSERVATIONS

SUR

L'ORIGINE GLACIAIRE

DES TOURBIÈRES DU JURA NEUCHATELOIS

ET DE

LA VÉGÉTATION SPÉCIALE QUI LES CARACTÉRISE

PAR

M. CHARLES MARTINS[1].

L'origine des Flores actuelles est un problème nouveau en géographie botanique. On croyait jadis qu'elles avaient toutes apparu simultanément à la surface du Globe. Cette opinion n'est plus soutenable. Comme les terrains, les Flores et les Faunes qui nous entourent remontent à des époques géologiques plus ou moins anciennes. Il en est qui datent de la période glaciaire. Telle est l'origine de la végétation des tourbières jurassiques, et peut-être de celles de l'Europe tout entière. Ce travail est destiné à éveiller sur ce sujet l'attention des géologues et des botanistes. Les circonstances qui l'ont fait naître se rattachent à des souvenirs qui me seront toujours bien précieux.

Lorsque je vis pour la première fois, en 1859, la végétation de la grande tourbière qui occupe le fond de la vallée des Ponts, à 1000 mètres au-dessus de la mer, dans le Jura neuchâtelois, je crus avoir de nouveau sous les yeux l'aspect des paysages de la Laponie, que j'avais

[1] Extrait communiqué par l'auteur.

visitée vingt ans auparavant. Non-seulement les arbres, mais les herbes mêmes étaient identiques à celles du Nord. Plusieurs séjours successifs dans le chalet hospitalier de mon ami Desor, à Combe-Varin, près de l'extrémité méridionale de la tourbière, me permirent de confirmer ce premier aperçu, que je complétai en étudiant les tourbières de Noiraigues dans le Val Travers, et de la Brévine dans la vallée du même nom. La première est élevée de 720, la seconde de 1030 mètres au-dessus de la Méditerranée. Comme terme de comparaison, je visitai ensuite les tourbières des environs de Gaiss, dans le canton d'Appenzell, élevées également de 900 à 1000 mètres au-dessus de la mer, et dernièrement les fonds tourbeux de la montagne de Sautmail, dans les Cévennes, dont les altitudes varient de 950 à 675 mètres, qui est celle du village de la Salvetat, sur les limites des départements du Tarn et de l'Hérault. Ces études me permirent de constater la parfaite exactitude de tous les faits et de tous les résultats contenus dans l'ouvrage publié en 1844, sur *les Marais tourbeux,* par M. Léo Lesquereux. Je n'aurais même pas pris la plume si l'auteur s'était mis au point de vue de l'origine géologique et phytologique de ces tourbières. Mais à l'époque où il écrivait, ces questions n'étaient pas encore à l'ordre du jour, et il eût été fort en avant de son temps s'il les avait même pressenties. Je m'attacherai donc à ce point de vue, renvoyant pour tout le reste à l'ouvrage que je viens de citer.

Origine glaciaire des Tourbières.

Un sol imperméable que les eaux pluviales ne puissent traverser, telle est la condition première de la formation d'une tourbière. La configuration du sol ne joue qu'un

rôle secondaire. Ainsi, on observe des tourbières sur des terrains plats, ceux des bords de la Somme, de l'Ems et du Weser[1], du Schleswig-Holstein et de la Hollande, comme dans les vallées des Vosges, du Jura et des montagnes de l'Écosse. Quelquefois même, elles s'établissent dans les légères dépressions de pentes très-inclinées. Si le sol est imperméable, si l'écoulement des eaux n'est pas facile, la tourbière se forme. Une autre condition, c'est que les pluies ne soient pas trop rares, l'air habituellement humide, la chaleur des étés modérée. Aussi en Europe les tourbières s'étendent-elles du Spitzberg jusqu'aux Pyrénées et à la haute Italie, mais ne dépassent pas ces limites vers le sud; cependant même le climat du pied septentrional des Pyrénées est encore assez humide, assez pluvieux et assez tempéré pour favoriser l'établissement de tourbières exploitables; mon ami M. Émilien Frossard m'apprend qu'il en existe une sur le plateau d'Ossun, près de Lourdes, une autre sur le plateau de Lannemezan, non loin de Labarthe de Nestes, arrondissement de Bagnères; toutes deux fournissent du combustible aux environs.

Les vallées longitudinales en forme de berceau de la chaîne du Jura se prêtent singulièrement à l'établissement des tourbières : en effet, presque toutes se terminent, comme celle des Ponts, par deux cols, qui étant plus élevés que le fond de la vallée s'opposent à l'écoulement des eaux. Sur les bords longitudinaux où les assises relevées en forme de crêts se sont rompues, ces eaux s'échappent entre les couches calcaires disloquées et forment ces cavités coniques régulières connues dans le

[1] Voyez Grisebach, *Ueber die Bildung des Torfs in dem Emsmooren* (*Gœttinger Studien*, 1845.)

pays sous le nom d'*emposieux*[1]. Ces cavités sont analogues aux *chasmata* des Grecs anciens, *catavothra* des modernes, *bétoires* de la Normandie, *Schlotten* en Thuringe, *shallow holes* en Angleterre, *dolines* ou *Jamen* sur le plateau de Karst, entre Trieste et Adelsberg, en Carniole. Les eaux d'infiltration forment les sources abondantes des vallées inférieures du Jura, celle de Noiraigues dans le Val Travers, la source de l'Areuse, celle de l'Orbe dans le Jura vaudois, du Muehlbach près de Bienne, de la Birse, etc. Néanmoins le fond de la vallée reste toujours humide, une partie des eaux pluviales ne s'écoule pas, mais s'étend en nappe souterraine au-dessous du banc de tourbe et alimente la végétation des *Sphagnum* et des autres végétaux qui entrent dans la composition de ce terrain.

Où est l'obstacle qui s'oppose à l'infiltration de ces eaux à travers les fissures des couches calcaires formant le *thalweg* de la vallée des Ponts ? Cet obstacle, c'est une couche d'argile siliceuse qui, semblable à un enduit imperméable, recouvre toute la partie horizontale occupée par la tourbière. D'où provient cette couche d'argile siliceuse ? elle ne saurait être due à la décomposition des roches qui sont toutes calcaires; cette argile est un produit de la trituration des roches feldspathiques, alumineuses et siliceuses, de roches dites primitives : c'est de la *boue glaciaire*. A l'époque de la grande extension des glaciers alpins, tout le Jura fut envahi par eux. Il était compris dans le domaine du glacier du Rhône. Malgré une exploitation trop active, les blocs erratiques qu'il y a déposés sont encore innombrables. La plupart appartien-

[1] Voyez sur les emposieux de la vallée des Ponts, *Magasin pittoresque*, 1865, page 236.

nent aux roches primitives : protogines, gneiss, schistes métamorphiques, poudingues à cailloux quartzeux, etc.; ces blocs sont épars sur le crêt de Travers qui borne au sud la vallée des Ponts. Dans celle de Travers même ils formaient la puissante moraine de Noiraigues, dont les blocs ont été utilisés en majeure partie pour la construction des têtes de tunnels du chemin de fer, des clochers d'églises, des escaliers et des montants de portes et de cheminées. Cette moraine est précisément en aval de la tourbière de Noiraigues, et les blocs se retrouvent dans tout le Val Travers jusqu'au Chasseron. Les tourbières jurassiques ont donc une origine glaciaire, même lorsqu'elles ne sont pas barrées par une moraine qui, en s'opposant à l'écoulement des eaux, détermine la formation de lacs, de marais ou de tourbières, comme on en connaît tant d'exemples dans les Alpes, le Jura, les Vosges, les Pyrénées et même dans les montagnes de la Lozère [1].

Les tourbières des environs de Gaiss, dans le canton d'Appenzell, sont une confirmation de ce qui se voit dans le Jura. La roche dominante est la *nagelflue polygénique*, poudingue molassique composée d'éléments variés, mais où dominent les cailloux calcaires impressionnés. Si l'on parcourt la tourbière qui longe la route de Gaiss à Appenzell, on remarque qu'elle est coupée par plusieurs ruisseaux qui se jettent dans le Rothbach. Ces ruisseaux sont creusés dans une argile grise très-plastique et très-pure. Cette argile, qui fait à peine effervescence avec les acides, recouvre sur plusieurs points le véritable terrain glaciaire

[1] Voyez une note sur l'ancien glacier de la vallée de Palhères. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 9 novembre 1868.)

formé de cailloux anguleux. La plupart ne sont pas calcaires, non plus que les blocs erratiques gisant à la surface du sol : ce sont des cailloux et des blocs apportés par l'ancien glacier du Rhin qui les a déversés dans les environs de Gaiss, par-dessus le col d'*Am Stoss*, où ils deviennent fort nombreux et reposent sur une moraine dont la tranchée de la route qui conduit à Alstætten permet d'apprécier la puissance. La partie horizontale du col est elle-même occupée par une petite tourbière exploitée, à fond également argileux. Mais ce qui est encore plus démonstratif, ce sont de petits îlots marécageux qu'on observe sur les pentes de toutes les montagnes voisines : ils correspondent à de légères dépressions du sol, et on les reconnaît de loin à leur végétation, qui est tout à fait différente de celle des prairies au milieu desquelles ils sont enclavés. Tandis que les pâturages, d'un vert admirable, se composent uniquement de plantes fourragères, ces îlots se distinguent de loin par une teinte jaune due à la présence du *Cirsium palustre* qui domine les cypéracées et les joncs, témoins comme lui de l'existence d'un sol humide et spongieux. Aussi, tandis que les pâturages servent à la dépaissance des vaches laitières, ces îlots sont fauchés, et les herbes employées uniquement comme litière dans les étables. Le mode de formation de ces îlots est le même que celui des tourbières. La boue argileuse de l'ancien glacier s'étant déposée dans les moindres dépressions du terrain et arrêtant l'écoulement des eaux, le sol reste humide, devient spongieux, et la végétation du pâturage est remplacée par celle des marais et des tourbières. Un drainage intelligent suffit pour faire disparaître la végétation aquatique, remplacée bientôt par celle des plantes sociales du pâturage alpin.

La formation des tourbières alpines ou jurassiques se rattache donc à l'époque glaciaire. Supprimez les moraines comme barrage dans un grand nombre d'entre elles, supprimez la boue glaciaire qui rend le terrain imperméable, et la tourbière ne se formera pas[1]. Les moraines et la boue glaciaire jouent même un grand rôle dans la formation des tourbières qui se trouvent en

[1] Dans les montagnes jurassiques, les terrains sont naturellement très-perméables, comme le prouvent les grandes sources vauclusiennes qui caractérisent toutes ces chaînes. Les Cévennes calcaires et les montagnes du midi de la France ne font pas exception à cette règle. Exemples : la Sorgue à Vaucluse, le Groseau près de Malaucène au pied du Ventoux, la Vis au-dessus de Ganges, le Lez près de Montpellier, les fontaines de Nîmes, de Sauve, du Vigan dans le Gard, de Sassenage près de Grenoble. Ces sources sont tout à fait analogues à celles de Noiraigues, de la Birse, de l'Orbe, de l'Areuse, du Muehlbach, qui surgissent à un niveau fort inférieur aux vallées jurassiques, souvent tourbeuses, où les eaux pluviales s'accumulent et se conservent[2]. Seulement, dans les Cévennes et les autres montagnes calcaires du midi de la France, ce sont des plateaux appelés *causses* et non des vallées qui reçoivent et tamisent les eaux pluviales. Ces observations s'appliquent également au plateau de Karst, entre Trieste et Adelsberg, en Carniole. Ce plateau est, à proprement parler, percillé d'emposieux ou *dolines* coniques de toutes les dimensions, depuis deux mètres jusqu'à 500 mètres de diamètre ; elles absorbent toutes les eaux qui tombent sur le plateau. Une de ces dolines est la source de la Reka près de Nobitsch. Le cours de cette rivière est entièrement souterrain, elle se jette dans la mer à Miramar, près de Trieste, et une machine à vapeur puise l'eau douce au milieu de l'eau salée. Mais le plus bel exemple d'hydrographie souterraine en Carniole est celui de la rivière Poïk, qui entre à Adelsberg dans la grotte du même nom, et va ressortir à 40 kilomètres plus loin, sous le nom de Laybach, qui est celui de la ville la plus prochaine. Je me résume et je conclus que si les tourbières contribuent quelquefois à l'alimentation des sources vauclusiennes, celles-ci surgissent souvent aussi au pied de montagnes et de plateaux calcaires, sur lesquels on ne voit pas la moindre trace de dépôts tourbeux.

[2] Voir sur ce sujet Ed. Desor : Les sources du Jura. (*Revue Suisse*, 1858.)

dehors des chaînes de montagnes, mais dans le domaine des anciens glaciers qui jadis sortaient des vallées pour s'épanouir dans les plaines. Telles sont toutes celles du versant septentrional et du versant méridional des Alpes : en Piémont, les grandes tourbières de San-Martino et San-Giovanni près d'Ivrée, d'Avigliana sur la route de Suze à Turin [1], de Mercurago et d'Angera, près d'Arona, sur le lac Majeur. Dans les environs de Novare, beaucoup de marais tourbeux ont été transformés en rizières. En Lombardie, des tourbières existent aux environs de Côme, de Varese, de Colico et de Commabio. Toutes ces tourbières sont dans le domaine de l'ancienne extension des glaciers alpins, et la boue glaciaire, en rendant le sol imperméable, a autant contribué à leur formation que l'obstacle mécanique apporté par la digue morainique à la circulation des eaux courantes. Mon ami et ancien collaborateur le professeur B. Gastaldi, de Turin, distingue même [2] des tourbières de premier ordre situées dans la plaine, au pied de la moraine, et des tourbières de second ordre placées dans les dépressions de la moraine elle-même. Les mêmes faits se représentent dans le nord de la Suisse, dont les marais tourbeux sont compris dans le domaine de l'ancien glacier du Rhin.

Je n'oserais encore affirmer qu'à l'époque glaciaire les Cévennes granitiques du département de l'Hérault, dont les hauteurs ne dépassent pas 1100 mètres au-dessus de la mer, aient eu des glaciers permanents; et cependant je me suis assuré que les nombreux fonds tourbeux de

[1] Voir Ch. Martins et B. Gastaldi : Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Pô, in-4°, page 5 et 19.

[2] B. Gastaldi : *Nuovi cenni sugli oggetti di alta antichità trovati nelle torbiere et nelle marniere del, Italia*, page 77.

la montagne de Sautmail, compris entre 600 à 950 mètres, sont formés par une couche d'argile aussi imperméable aux eaux que la boue glaciaire. La puissance de la tourbe n'atteint pas un mètre, elle n'est pas exploitée comme combustible, mais seulement comme plaques gazonnées pour recouvrir les étables. La roche sous-jacente est un gneiss feuilleté se réduisant facilement en sable fin. Cette argile de tourbières est-elle due à la décomposition de ce sable que les cours d'eau entraînent constamment vers les parties les plus déclives, ou bien est-elle aussi d'origine glaciaire ? C'est ce que je ne saurais affirmer en ce moment, me réservant de faire connaître les tourbières Cévenoles, qui, jusqu'ici, n'ont point encore attiré l'attention des géologues, ni celle des botanistes.

Je crois devoir ici donner la liste de toutes les plantes trouvées dans les tourbières du Jura neuchâtelois par Leo Lesquereux, M. Godet et moi; elles sont rangées par ordre de familles. On a vu que toutes ces plantes, *Swertia perennis* excepté, se retrouvent en Scandinavie, et l'immense majorité s'avance jusqu'à l'extrémité septentrionale de cette péninsule. Quelques-unes dépassent même cette limite et persistent encore dans les régions arctiques. Sous ce nom je comprends le Spitzberg, le Grœnland, les parties de l'Amérique boréale situées au nord du 60° parallèle qui passe par la pointe sud du Grœnland, la presqu'île de Taymir qui forme la pointe septentrionale de la Sibérie au delà du 70°, et enfin la Nouvelle-Zemble. Le travail du Dr E. von Martens [1], mes propres observations [2] et celles de Malgréen et Th. Fries pour le Spitzberg,

[1] *Ueberblick der Flora arctica*, 1857.
[2] Du Spitzberg au Sahara, page 83.

jointes à celles de Middendorff pour la Sibérie et des voyageurs anglais et américains pour l'Amérique arctique, m'ont servi de terme de comparaison. Elles confirment ce grand fait de géographie botanique que la Flore arctique n'a point de caractère spécial et n'est qu'une extension appauvrie des Flores scandinave, sibérienne et américaine. Son uniformité sous tous les méridiens provient de ce qu'un petit nombre d'espèces communes aux trois continents ont pu vivre et se propager dans les conditions climatériques les plus hostiles à toute végétation, conséquence nécessaire de la persistance autour du pôle de la période glaciaire qui s'étendait jadis sur une portion beaucoup plus étendue de l'hémisphère septentrional. Dans la liste suivante, les plantes scandinaves qui pénètrent dans les régions arctiques sont distinguées des autres par un astérisque.

Végétaux des tourbières du Jura neuchâtelois.

DYCOTYLEDONEÆ [1].

Ranunculaceæ.

Ranunculus repens.
* R. flammula.
* Caltha palustris.
Trollius europæus.
Aconitum napellus.

Cruciferæ.

Nasturtium amphibium.
* Cardamine pratensis.

Violariæ.

* Viola palustris.
V. tricolor.

Droseraceæ.

Drosera longifolia.
D. obovata Koch.
D. rotundifolia.
Parnassia palustris.

Caryophylleæ.

Lychnis flos-cuculi.
* Sagina nodosa E. Meyer.
* Alsine stricta Wahlg.
Stellaria graminea.
S. uliginosa.

Rosaceæ.

* Comarum palustre.

[1] Les plantes dont le nom n'est suivi d'aucune indication sont des espèces linnéennes; celles marquées d'un astérisque sont à la fois scandinaves et arctiques.

* Pontentilla anserina.
P. tormentilla.
Spiræa ulmaria.
S. filipendula.
* Alchemilla vulgaris.
Sanguisorba officinalis.

Onagrarieæ.

* Epilobium palustre.
* E. angustifolium.

Saxifrageæ.

* Saxifraga hirculus.

Umbelliferæ.

Ægopodium podagraria.

Caprifoliaceæ.

Lonicera cœrulea.

Rubiaceæ.

Galium uliginosum.
G. boreale.
* G. palustre.

Dipsaceæ.

Scabiosa succisa.

Compositæ.

Solidago virga-aurea.
Bidens cernua.
Cineraria spathulæfolia Gm.
Leucauthemum vulgare Lam.
* Gnaphalium uliginosum.
Cirsium palustre Scop.
Hieracium auricula.

Vaccinieæ.

Vaccinium myrtillus.
* V. uliginosum.
V. vitis-idæa.
V. oxyccocos.

Ericineæ.

Andromeda polifolia.
Calluna erica DC.

Gentianeæ.

Gentiana campestris.
G. pneumonanthe.
Gentiana asclepiadea.
Swertia perennis.
* Menyanthes trifoliata.

Borragineæ.

Myosotis palustris With.
M. cœspitosa Schulz.

Labiatæ.

Mentha aquatica.
* Thymus serpyllum.
Galeopsis tetrahit.

Antirrhineæ.

Linaria vulgaris.

Scrofulariaceæ.

Scrofularia nodosa.
Veronica scutellata.

Rhinanthaceæ.

* Euphrasia officinalis.
Melampyrum arvense.
Pedicularis palustris.

Lentibularieæ.

Utricularia vulgaris.
U. minor.
* Pinguicula vulgaris.

Polygoneæ.

* Rumex acetosella.
* Polygonum viviparum.
P. persicaria.
P. bistorta.

Amentaceæ.

Betula pubescens Ehrh.
* B. nana.
Salix cinerea.
S. aurita.
S. ambigua Ehrh.
S. repens.
Pinus uliginosa Neum.

MONOCOTYLEDONEÆ.

Alismaceæ.

Scheuchzeria palustris.

Juncaceæ.

Juncus conglomeratus.
* J. alpinus.
* Luzula multiflora.

Potameæ.

Potamogeton natans.
* P. rufescens Schr.
P. pusilllus.

Typhaceæ.

Sparganium natans.

Cyperaceæ.

Rhynchospora alba Wahl.
Scirpus compressus Pers.
* S. cæspitosus.
* Eriophorum angustifolium Roth.
* E. latifolium Hoppe.
* E. vaginatum.
E. alpinum.
* Carex ampullacea Good.
C. filiformis.
C. limosa.
C. panicea.
C. davalliana Smith.
C. pulicaris.
Carex pauciflora Lightf.
C. chordorhiza.
* C. Œderi Ehrh.
C. teretiuscula.
* C. canescens.
C. stellulata Good.
C. heleonastes Ehrh.
C. horschuchiana Hoppe.

Gramineæ.

* Festuca ovina.
Glyceria fluitans R. Br.
Molinia cœrulea Mœnch.
* Catabrosa aquatica P. Beauv.
* Aira cæspitosa.
Calamagrostis lanceolata Roth.
* Agrostis rubra DC.
* A. canina.
Alopecurus pratensis.
Phleum pratense.
Nardus stricta.

ACOTYLEDONEÆ.

Filices.

* Aspidium spinulosum Sw.

Equisetaceæ.

* Equisetum sylvaticum.
E. palustre.

Musci.

Sphagnum cuspidatum Erh.
* S. acutifolium.
* S. cymbilifolium Erh.
S. tenellum Pers.
S. compactum Brid.
* S. subsecundum Nees.
* Hypnum fluitans.
* H. trifarium W. et M.
* H. revolvens Sw.

* Hypnum scorpioides.
* H. exannulatum Gümb.
* H. stramineum Dicks.
H. cordifolium Hedw.
H. stellatum Schr.
* H. nitens Schr.
* H. splendens.
* H. Schreberi Willd.
H. christa-castrensis.
H. cuspidatum.
* Aulacomium palustre Schw.
Meesia longiseta Hedw.
M. tristicha Br.
M. uliginosa. Hedw.
* Polytrichum commune.
P. formosum Hedw.
P. gracile Mentz.
* P. piliferum Schr.
P. urnigerum.
* Dicranum Schraderi W. et M.
D. glaucum Sw.
* D. cerviculatum W. et M.
* D. undulatum Turn.
D. scoparium Hedw.
* D. palustre B. et Sch.
Campylopus torfacens B. et Sch.
Splachnum ampullaceum.
* S. sphæricum.
* Paludella squarrosa.
* Bartramia fontana Sw.
Bartramis marchica Brid.
* Bryum nutans Hedw.
* B. pseudotriquetrum. Hed.
B. argenteum.
* B. bimum Schreb.
Climacium dendroïdes W. et M.
Mnium punctatum.
M. affine.
* Catharinea undulata W. et M.
* Ceratodon purpureum Brid.
Funaria hygrometrica Hedw.

Lichenes.

* Cladonia rangiferina DC.
C. subulata DC.
* C. pyxidata.
Lecidea icmadophylla Ach.
L. uliginosa Ach.
* Cenomyce coccifera Ach.
* C. bacillaris Ach.
* C. deformis Ach.
C. gracilis Ach.

Conclusions.

Nous l'avons déjà dit, les Flores actuelles ne sont pas toutes également anciennes, elles remontent à des époques géologiques plus ou moins éloignées et différentes pour chacune d'elles. Ainsi, la flore méditerranéenne date surtout de l'époque miocène; elle possède, en effet, des plantes vivantes qui ont été trouvées à l'état fossile dans les terrains tertiaires, par M. de Saporta et d'autres observateurs. Certaines espèces remarquables n'ont point

encore été signalées dans les couches éocènes ou miocènes; mais leurs formes exotiques, leurs affinités taxonomiques qui les incorporent à des groupes dont toutes les autres espèces habitent les zones tropicales, nous révèlent une origine géologique remontant à une époque où le bassin méditerranéen avait certainement un climat plus tropical que celui dont il jouit actuellement; tels sont le Palmier nain, le Laurier, le Figuier, l'Olivier, le Caroubier, le Grenadier, le Myrthe, *Anagyris fœtida*, *Cneorum tricoccum*, *Nerium oleander*, *Smilax aspera*, *Mercurialis tomentosa*, etc.

La Flore des tourbières jurassiques est d'une date plus récente; son caractère boréal et la nature du sol qui la porte nous montrent clairement qu'elle est pliocène et contemporaine de l'époque glaciaire.

L'opinion des géologues et des botanistes, qui supposent qu'à cette époque la végétation des régions du globe envahies par les glaces devait être complétement nulle, ne me paraît pas fondée; en effet, l'époque glaciaire existe encore aux deux pôles. Autour du pôle arctique, le Grœnland, le Spitzberg, la Nouvelle-Zemble sont couverts de calottes de glace dont les émissaires descendent jusque dans la mer. Des plantes végètent dans les intervalles que la glace ne couvre pas. Au Spitzberg, on compte 93 phanérogames; au Grœnland, 328, suivant E. de Martens [1]. M. Robert Brown, qui l'a visité à deux reprises [2], en 1861 et 1867, a recueilli 129 espèces dans la baie de Disco, par le 70e de latitude N., pendant le cours d'un seul été. La flore de la Nouvelle-Zemble res-

[1] *Ueberblick der Flora arctica*, page 23.

[2] Robert Brown of Campster : *On the physiks of arctic ice* (*Proceedings of the geological Society of London*, n° 105, february 1871.)

semble beaucoup à celle du Spitzberg. Ces plantes ne sont pas toutes spéciales à la région arctique, c'est-à-dire à la zone dont le centre est au pôle; presque toutes s'avancent vers le sud, en Scandinavie, dans l'Amérique arctique et en Sibérie; c'est un fonds commun de végétation auquel viennent s'ajouter quelques espèces américaines au Grœnland, scandinaves au Spitzberg, asiatiques à la Nouvelle-Zemble.

Si nous jetons maintenant un coup d'œil sur le catalogue, par familles, des plantes des tourbières jurassiques, nous trouvons que sur un nombre total de 179 espèces il y en a 73 qui sont arctiques et appartiennent par conséquent encore actuellement à la période glaciaire. Quel motif pourrait-on alléguer pour soutenir qu'elles n'existaient pas dans le Jura lorsque le glacier du Rhône l'avait partiellement envahi? Ces 73 plantes mises de côté comme incontestablement glaciaires, il en reste 106 qui ne se trouvent pas dans les régions arctiques; mais nous avons vu que toutes, *Swertia perennis* excepté, vivent en Scandinavie, et la plupart remontent jusqu'au nord de la péninsule, dans une région où les glaciers ne descendent pas jusqu'à la mer, mais s'arrêtent à quelques centaines de mètres au-dessus. Or, quand on songe que le Jura neuchâtelois est situé à 23 degrés latitudinaux au sud de la Laponie norwégienne, est-il absurde de supposer qu'à l'époque glaciaire son climat n'était pas plus rigoureux que celui de la Laponie ne l'est actuellement, et que ces espèces scandinaves, dont le centre de création reste à déterminer, y existaient également à l'époque où les glaciers des Alpes dépassaient les crêtes du Jura? J'ai fait ailleurs [1] le calcul que, si la moyenne de Genève s'abaissait

[1] Du Spitzberg au Sahara, page 257.

seulement de 4 degrés centigrades, les glaciers des Alpes, progressant sans cesse, envahiraient de nouveau le bassin du Léman. Or, dans cette hypothèse, la température moyenne de Genève n'étant plus que de 5°,16, celle de la vallée des Ponts serait approximativement de +2°, température supérieure encore à celle de l'Altenfiord (+0°,5), sous le 70°, où végètent parfaitement la plupart des plantes que nous trouvons autour des tourbières des Ponts et de la Brévine. Ces plantes ont persisté dans le Jura, malgré un réchauffement du climat de 4° environ en moyenne, parce qu'elles trouvaient dans la constitution et l'humidité du sol des conditions d'existence analogues à celles dont elles sont encore actuellement entourées en Laponie.

Une autre preuve que le climat de l'époque glaciaire pendant laquelle ont été déposés les gros blocs erratiques du Jura n'était pas assez rigoureux pour exclure toute végétation, c'est que l'homme habitait le bassin du Léman et celui des lacs de Zurich et de Constance immédiatement après l'époque glaciaire [1], à Veirier, à Meilen et à Schussenried, où l'on a trouvé des silex taillés et des ossements de renne dans l'alluvion des terrasses, immédiatement au-dessus du terrain glaciaire. Mais si, comme je l'ai toujours cru, l'alluvion ancienne de la Suisse est contemporaine du même dépôt dans les plaines de la France[2], où l'on a signalé les preuves incontestables de l'existence de l'homme, je ne désespère pas d'apprendre que les

[1] Voyez A. Favre: Station de l'homme de l'âge de pierre, à Veirier près Genève. (*Archives de la Bibliothèque universelle de Genève*, mars 1868.)

[2] Ch. Martins et B. Gastaldi: Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Pô, page 44.

géologues suisses ont découvert des ossements humains et des silex taillés, soit au milieu du terrain glaciaire, soit dans l'alluvion ancienne sur laquelle il repose. L'homme pouvait donc habiter la Suisse même à l'époque glaciaire, comme les Esquimaux habitent le Grœnland qui en est la réalisation la plus complète, comme les hivernages au Spitzberg, à la Nouvelle-Zemble et dans l'Amérique arctique en démontrent la possibilité, même pour les habitants des zones tempérées.

Revenons à nos végétaux : par l'aire de leur distribution géographique ils nous fournissent un autre argument qui n'est pas sans valeur. Répandues dans l'Europe septentrionale, un grand nombre d'espèces tourbeuses s'arrêtent aux Pyrénées ou ne dépassent pas les Alpes vers le sud ; dans l'Amérique septentrionale elles s'arrêtent en général au 40e degré de latitude : or, ce sont là les limites extrêmes de la grande extension des glaciers dont le pôle arctique et les chaînes des montagnes situées en Europe au nord du 42e degré étaient les centres principaux. Ces plantes ont donc persisté précisément dans les régions qui ont été jadis envahies par les anciens glaciers, dont les traces sont partout si évidentes.

Ces plantes ont-elles apparu sur place, ou se sont-elles avancées du nord vers le sud à mesure que les glaciers se développaient autour des chaînes de montagnes des régions tempérées ? La dernière opinion est celle de la plupart des botanistes qui ont médité sur ce sujet. Un grand nombre de faits cités par eux semblent favorables à cette explication ; mais les savants ne sont pas d'accord sur le point de départ de cette grande migration végétale. La plupart, avec M.-J.-D. Hooker [1], la placent en Scandi-

[1] *Outlines of the distribution of Arctic plants.* (*Transactions of the Linnean Society of London*, june 1860.)

navie. La Flore de cette péninsule contient en effet la plupart des plantes arctiques. Sa position, par rapport à l'Europe continentale dont elle forme l'extrémité septentrionale, par rapport à l'Islande, aux Iles Britanniques et au Grœnland vers l'ouest, sa liaison vers l'est avec le nord du grand continent asiatique, explique la diffusion des espèces scandinaves suivant les méridiens et les parallèles. Notre travail, en particulier, est très-favorable à cette opinion. En effet, il est certain que la péninsule scandinave, comme le Jura, étaient couverts, à la fin de l'époque pliocène, de glaciers semblables à ceux dont nous voyons les restes en Scandinavie comme dans les Alpes, et le climat qui règne actuellement dans les hautes vallées du Jura a plus d'analogie avec celui de la Laponie qu'avec un climat asiatique. Cependant, un botaniste très-distingué, le Dr Christ, de Bâle[1], place le centre de diffusion des espèces à la fois arctiques et alpines dans les montagnes de l'Asie tempérée, l'Oural et l'Altaï. De là elles se seraient répandues en Scandinavie, dans les Carpathes, les Alpes, le Jura, les Pyrénées, etc. Ce n'est pas ici le lieu de discuter ces deux opinions et de décider entre MM. Christ et Hooker : elles sont indifférentes à la thèse particulière que nous soutenons; car si la Scandinavie n'a pas été le point de départ de la migration, elle en a été l'étape principale, et c'est par elle et le nord de l'Allemagne, non par le Caucase et les Carpathes, que les plantes tourbeuses se sont propagées jusqu'aux montagnes de l'Europe méridionale. En relevant, dans le tableau de M. Christ, les plantes qui nous sont communes, je trouve que sur quinze espèces il y en a douze qui existent dans

[1] *Ueber die Verbreitung der Pflanzen der alpinen Region der europæischen Alpenkette.*

l'Oural et dans l'Altaï; trois au contraire: *Alsine stricta, Euphrasia officinalis* et *Pinus montana* (*P. uliginosa*), ne s'y trouvent pas.

Mais, dira-t-on peut-être, la végétation des tourbières jurassiques n'est point une végétation exceptionnelle dans cette chaine de montagnes, et si elle est exclusivement scandinave, c'est que la Flore du Jura, prise dans son ensemble, l'est également. Pour répondre à cette objection, que je me suis faite avant le lecteur, j'ai emprunté à l'excellente *Phytostatique du Jura*, de Thurmann, page 138, la liste des plantes *montagneuses* de la chaine, vivant par conséquent dans la zone altitudinale des tourbières, mais dans des stations non tourbeuses. J'en compte 142; sur ce nombre, 66 existent aussi en Scandinavie, mais 76 sont étrangères à cette péninsule. Cette Flore n'a donc pas le caractère exclusivement scandinave de la végétation des tourbières; elle n'a pas non plus son caractère arctique ou glaciaire, car il n'y a que 8 espèces qui soient à la fois arctiques et scandinaves.

Poussons le parallèle plus loin. Je prends également dans Thurmann, à la page 139, les plantes *alpestres* du Jura, comprenant celles qui s'élèvent sur les plus hauts sommets, tels que la Dôle (1681^{m}) et le Reculet (1670^{m}): elles sont au nombre de 97. Sur ce nombre, il n'y en a que 29 appartenant à la Flore scandinave. La proportion est donc bien moindre que pour les plantes montagneuses, car pour celle-ci elle était de la moitié environ, pour les plantes alpestres elle n'est pas d'un tiers. Parmi ces 29 plantes alpestres scandinaves, il y en a 18 qui pénètrent dans les régions arctiques; ce sont des espèces glaciaires qui ne se sont maintenues qu'à une hauteur où elles retrouvaient les étés sans chaleur et le sol relativement sec qui

conviennent à leur existence. Il suffit de les nommer[1] pour que tout botaniste familier avec la végétation des hautes montagnes comprenne qu'elles ne pouvaient vivre ni dans les tourbières, ni même autour d'elles; la plupart sont éminemment saxicoles ou propres aux pelouses sèches des pentes montagneuses des Alpes et du Jura.

La présence de ces espèces arctiques dans la région supérieure aux tourbières est encore une confirmation de l'opinion qu'elles existaient dans le Jura à l'époque glaciaire. Toutes, en effet, peuvent supporter un climat plus rigoureux que celui qui règne actuellement sur les sommets culminants du Jura, car toutes s'élèvent dans les Alpes à de plus grandes hauteurs et y fleurissent comme pendant l'été si court et si froid des régions arctiques: elles s'accommodent cependant d'un climat plus tempéré, tel que celui de la Norwége septentrionale, où je les ai observées presque toutes au niveau de la mer[2]. De l'ensemble de tous les faits consignés dans ce Mémoire, je crois pouvoir conclure, sans hésitation, à l'origine glaciaire des tourbières jurassiques et de leur végétation.

Une autre conséquence de ces faits, c'est que la végétation de toutes les tourbières des plaines du nord de l'Europe, de celles des Vosges, de l'Auvergne, des Alpes, depuis la France jusqu'en Autriche, et même de celles des Pyrénées, a la même origine[3]. Depuis longtemps les

[1] *Arenaria ciliata, Dryas octopetala, Sibbaldia procumbens, Alchemilla alpina, Epilobium alpinum, Saxifraga appositifolia, S. aizoides, Erigeron alpinum, Veronica saxatilis, V. alpina, Bartsia alpina, Polygonum viviparum, Salix reticulata, Juniperus nana, Gymnadenia albida, Luzula spicata, Phleum alpinum, Poa alpina.*

[2] Voyez sur ce sujet, H. Christ : *Ueber die Pflanzendecke des Juragebirgs*, 1868.

[3] Un auteur qui a étudié récemment la vegétation des grandes

botanistes avaient été frappés de l'uniformité de végétation de ces stations et l'avaient attribuée à l'uniformité des conditions physiques et météorologiques des terrains tourbeux. Cette uniformité explique, en effet, pourquoi ces plantes y persistent, mais elle n'explique pas pourquoi ce sont toujours les mêmes qui se rencontrent sur une étendue représentée par une calotte égale à un quart de la surface terrestre. L'IDENTITÉ D'ORIGINE PEUT SEULE EXPLIQUER CETTE IDENTITÉ DE FORMES VÉGÉTALES.

Nous avons déjà vu dans le cours de ce travail que la plupart des plantes tourbeuses du Jura et de la Scandinavie se retrouvaient dans les Alpes et les Pyrénées. La grande élévation de ces montagnes couvertes de glaciers éternels d'où s'écoulent sans cesse des eaux froides qui entretiennent l'humidité des tourbières, favorisée d'ailleurs par des chutes fréquentes de neige et de pluie, établissait une si grande similitude entre le climat de ces montagnes et celui de la Scandinavie, que les naturalistes n'étaient pas surpris de l'analogie des végétations tourbeuses. Cependant cette analogie est la même dans le Jura, dans les Vosges et les montagnes de l'Auvergne, où les neiges disparaissent complétement pendant le cours de l'été, et même à l'extrémité méridionale des Cévennes, où elles ne persistent qu'en hiver. Une seule reconnaissance botanique, faite au mois de juin dans les fonds tourbeux du Sautmail, près de la Salvetat, avec M. Duval-

tourbières du nord-ouest de l'Allemagne, M. Focke, fait remonter l'origine de cette végétation à l'époque pliocène, et désigne ces plantes sous le nom de plantes *polaires pliocènes*, sans rattacher leur présence à celle des glaciers. (Voyez *Untersuchungen ueber die Vegetation des NW. deutschen Tieflandes*. Extrait dans *Giebel's Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften*, Februar 1871.)

Jouve, m'a déjà permis d'y constater la présence de douze espèces tourbeuses à la fois jurassiques et scandinaves [1]. Pourtant les conditions physiques et météorologiques des Cévennes de l'Hérault sont bien différentes de celles du Jura et de la Scandinavie. Les plus hauts sommets de ce groupe granitique n'atteignent que 1100 mètres, et dans certaines années les pluies et les chutes de neige sont si peu abondantes, que ces tourbières se dessèchent au point de pouvoir être traversées à pied sec dans tous les sens. Néanmoins quelques plantes de l'époque glaciaire y ont persisté, et parmi elles s'en trouve une très-répandue en Scandinavie et en Allemagne, dans les Iles Britanniques, dans l'ouest de la France, jusqu'aux Pyrénées, mais qui ne s'est pas maintenue dans le Jura, les Vosges, la Forêt-Noire et les Alpes : c'est le *Narthecium ossifragum* Huds.

En consultant la liste très-complète dressée par M. Sendtner [2] des plantes qui végètent dans les tourbières de la haute Bavière, je constate des anomalies du même genre. Le plus grand nombre leur est commun avec les localités analogues du Jura, mais il en est certaines qui, bien que répandues en Allemagne et en Scandinavie, n'existent pas dans le Jura; telles sont: *Pedicularis sceptrum-carolinum, Trientalis europœa, Calla palustris, Iris sibirica* et *Malaxis paludosa*. Quand on étudie la distribution géographique de ces espèces à la fois germaniques et scandinaves, on voit que plus au sud ou plus à l'ouest elles ont disparu totalement ou persisté çà et là, en vertu de cir-

[1] *Calluna erica, Galium uliginosum, Menyanthes trifoliata, Pedicularis palustris, Drosera rotundifolia, Parnassia palustris, Molinia cærulea, Nardus stricta, Rhynchospora alba Carex stellulata, C. panicea, C. ampullacea.*

[2] *Die Vegetations-Verhältnisse Süd-Bayerns*, page 627.

constances particulières qu'il est impossible d'apprécier actuellement : ce sont des épaves de la Flore scandinave échouées sur quelques points disséminés à la surface de l'Europe. Le professeur Heer, de Zurich, en a signalé de semblables dans la Suisse septentrionale et dans les Grisons [1]. En cherchant à démontrer l'origine glaciaire de la végétation des tourbières jurassiques, je n'ai fait que mettre en évidence un cas particulier très-démonstratif de la thèse générale soutenue par Darwin [2] et après lui par cet éminent botaniste. Pour ces deux naturalistes, la Flore alpine tout entière n'est pour ainsi dire qu'un prolongement de la Flore scandinave, jadis continu avec elle, actuellement séparé, quoique rattaché encore par des anneaux qui permettent de relier ces deux Flores entre elles.

[1] *Die Urwelt der Schweiz*, page 539.
[2] *On the origine of Species*, page 365.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Prof. P. Tacchini. Observations de protubérances solaires faites a l'observatoire de Palerme. *(Bulletino Meteorologico del R. osservatorio di Palermo,* mars à juillet 1871.)

Les circonstances climatériques du site de Palerme et le bel équatorial dont disposent les astronomes de son observatoire ont permis d'y entreprendre l'étude des protubérances solaires dans des circonstances éminemment propices. Les dessins qui nous en parviennent de ces curieux phénomènes sont les plus beaux et les plus parfaits publiés jusqu'ici, pour la période commençant le 13 mars 1871. Ils prouvent combien une atmosphère limpide et un grossissement considérable favorisent la perception de détails à la surface de la chromosphère. Les procédés employés par M. Tacchini sont à peu près analogues à ceux du prof. Respighi, dont mention détaillée a été faite dans les *Archives* en mai dernier[1]. Voici maintenant quelques-uns des résultats auxquels ses travaux l'ont conduit.

La distinction déjà connue entre les protubérances nébuleuses et les protubérances filamenteuses, autrement nommées jets, est très-catégoriquement confirmée par ces observations. Un grossissement plus fort, une vue plus complète, plus précise, permettent de suivre cette structure filamenteuse jusque dans les portions les plus élevées du phénomène. L'apparence rayonnée qu'elle présente parfois amène à une assimilation avec les aurores boréales et à en chercher l'origine dans des phénomènes électriques. La constatation

[1] Tome XLI, page 27.

reitérée d'une coïncidence remarquable entre l'apparition de protubérances considérables et celle d'aurores boréales à la surface de la Terre, est un autre motif pour assigner une cause commune à ces phénomènes et pour poursuivre la recherche de leurs analogies. La science a déjà reconnu les bizarres relations existant entre les périodes des taches solaires et celles du magnétisme terrestre. La connexion existe d'une manière bien marquée entre les taches, les facules et les protubérances, non point quant à leur essence, ce sont trois phénomènes bien distincts; mais leur production est concomitante et résulte probablement sous trois formes différentes des mêmes troubles naissant à la surface du Soleil. A plusieurs reprises, ce printemps, les concordances précitées ont été constatées par les astronomes italiens : il y a là une source d'enquêtes intéressantes à poursuivre, afin de vérifier si l'observation de protubérances au spectroscope pourra servir de guide pour la prédiction d'aurores boréales sur notre planète.

Les protubérances correspondant aux facules sont d'un éclat extraordinaire, en sorte qu'elles paraissent d'une teinte jaune dorée à côté des autres. Par la vivacité de leur lumière et leurs formes bien définies, elles ressembleraient à un corps solide, stalactite ou corail, n'étaient les mouvements rapides dont elles sont douées. Les plus belles paraissent à M. Tacchini, prendre leur substance dans les couches plus élevées de la photosphère, et pour ce motif il croit devoir abandonner l'idée de les attribuer à de violentes éruptions de gaz émanant de l'intérieur du Soleil et se frayant une route au travers d'une enveloppe solide ou liquide. Il les considère plutôt comme résultant de combustions renforcées dans des points spéciaux, pendant que la combustion continue d'exister sur toute la surface solaire. La forme générale des protubérances, qui lui paraît presque toujours celle d'un faisceau de flammes convergeant vers le haut et s'élargissant à la base, tandis que le contraire devrait avoir lieu si l'enve-

loppe solide ou liquide offrait une résistance sérieuse à la sortie des gaz, est un autre argument à l'appui de cette manière de voir.

Ceci ne veut pas dire qu'il y ait lieu de nier la sortie de gaz ou de courants de l'intérieur du Soleil Ceux-ci se mêlent avec la substance ordinaire des protubérances. La preuve en est dans une composition toute spéciale de ces émanations, indiquée par les raies qu'on y constate. Tandis que les protubérances ordinaires ne fournissent guère que celles de l'hydrogène, on trouve dans celles-là jusqu'à 16 raies, parmi lesquelles celles du magnésium sont les plus remarquables et les plus souvent constatées. Viennent ensuite celles du fer. Mais ces raies spéciales aux jets ne s'observent plus à une certaine hauteur. Leur présence est comparativement rare, les jets étant beaucoup moins fréquents que les protubérances ordinaires. Pendant le mois de juin écoulé, la proportion des uns et des autres a été dans le rapport de 1 à 38. Une observation curieuse relative à la nature des protubérances est encore le résultat des circonstances exceptionnellement favorables dans lesquelles travaille M. Tacchini. Il est bien reconnu que les protubérances perdent de leur éclat à mesure qu'elles s'éloignent du bord du disque solaire, par le fait de la rotation de l'astre. Le fait se constate surtout dans les latitudes héliographiques élevées, où l'on continue à voir le phénomène après son passage au bord du disque. C'est dans ces circonstances que M. Tacchini discerne parfois plus nettement les filaments dont la protubérance était composée, comme si le voile ou le brouillard qui l'entourait venait à se dissoudre. Ce fait lui paraît devoir être attribué à l'absorption de l'atmosphère solaire. Il se passe alors un fait analogue à celui qui rend plus visibles les facules près du bord du disque. Pour les protubérances, la couche plus considérable d'atmosphère qu'elles ont à traverser, fait perdre de vue le nuage léger qui les entoure, et les filaments plus lumineux et plus compactes qui en forment le squelette de-

meurent visibles. La même raison explique pourquoi les protubérances observées aux latitudes élevées paraissent moins brillantes que les autres. Nous les voyons souvent au delà du bord. Il est important aussi de tenir compte de cette circonstance dans les statistiques journalières qui se font des protubérances observées sur le contour du disque. Les protubérances des latitudes inférieures demeurent beaucoup moins longtemps en vue que celles des latitudes élevées.

E. G.

PHYSIQUE.

MAREY. RECHERCHES SUR LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DE LA TORPILLE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris*, des 9 et 16 octobre 1871.)

Dans deux notes successives, M. Marey a communiqué à l'Académie des Sciences des expériences très-intéressantes qu'il a faites sur le temps qui s'écoule entre l'excitation du nerf électrique de la torpille et la décharge de son appareil, et sur la durée de cette décharge elle-même.

M. Marey part du principe qu'il y a de grandes analogies entre le muscle et l'appareil électrique, et que la différence essentielle est que, sous l'influence du nerf, le premier développe du travail mécanique, tandis que le second donne naissance à de l'électricité; or ce n'est que deux manifestations différentes de la même force, qui peuvent se substituer l'une à l'autre par voie d'équivalence.

M. Marey a donc eu pour but de diriger ses nouvelles recherches sur la fonction de l'appareil électrique dans le sens de la comparaison de cette fonction avec celle du muscle; à cet effet, il a entrepris d'appliquer à l'étude de la décharge électrique la méthode qui a le plus avancé la connaissance de la fonction musculaire, savoir la méthode graphique, due à Helmholtz. Cette méthode a permis de démontrer que l'agent nerveux met un certain temps à cheminer dans le nerf et à

arriver au muscle; que celui-ci, quand il est excité, n'entre pas instantanément en action, mais qu'il s'écoule encore une fraction de seconde avant que le mouvement se produise. Il s'agissait maintenant de voir si, au point de vue de son retard, de sa durée et de ses phases, la décharge électrique de la torpille se conduit en toute circonstance comme la secousse d'un muscle.

Pour cela M. Marey emploie la décharge de la torpille à provoquer une secousse dans un muscle de grenouille; ce muscle appliqué à un myographe ordinaire enregistre sur la plaque enfumée le mouvement qu'il fait, suivant la méthode ordinaire. Si la grenouille réagissait instantanément sous la décharge de la torpille, il suffirait de déterminer sur la plaque enfumée le point qui correspond à l'excitation du nerf électrique et à compter combien de fractions de seconde s'écoulent entre l'excitation de ce nerf et le mouvement tracé par le myographe. Mais le nerf et le muscle de la grenouille consomment un certain temps entre l'excitation qu'ils ont reçue et la production du mouvement; il faut donc défalquer du retard total ce temps dépensé par la grenouille. On obtient ainsi le temps que la torpille elle-même aura consommé entre l'excitation que le nerf a reçue et la décharge de son appareil électrique.

En mesurant au diapason le temps qui s'écoule, lorsqu'on agit directement sur le nerf de la grenouille, entre l'excitation et le signal du mouvement, et en le comparant à celui qui s'écoule quand, faisant agir l'excitation sur le nerf de la torpille, on recueille la décharge de celle-ci pour provoquer le mouvement de la *grenouille-signal*, on voit que l'intervalle qui s'écoule cette dernière fois entre l'excitation et le mouvement, est plus considérable que dans le cas précédent. En retranchant de cet intervalle le temps dépensé par la grenouille, on obtient le temps même que la torpille a consommé entre le moment où son nerf a été excité et celui où elle a fourni la décharge électrique. Ces deux temps sont sensible-

ment égaux, car, mesurés au diapason, ils correspondent à $^1/_{80}$ de seconde pour la grenouille et à $^1/_{60}$ pour la torpille; il semblerait donc que dans le nerf électrique l'agent nerveux circule un peu plus lentement que dans un nerf moteur de grenouille; mais, en tout cas la différence. si elle existe réellement, est bien petite.

Dans sa seconde note, M. Marey s'occupe de la durée même de la décharge dans la torpille, que plusieurs expériences semblaient déjà démontrer n'être point instantanée. Pour déterminer cette durée avec précision, il s'est servi du même procédé qui lui avait servi à mesurer le retard de la décharge de la torpille sur l'excitation qui la provoque. Dans son appareil, une plaque rectangulaire, couverte de noir de fumée, se meut avec une vitesse d'environ 50 centimètres par seconde; c'est sur cette plaque que s'écrivent tous les signaux obtenus dans la série d'expériences destinées à déterminer par tâtonnement le commencement et la fin de la décharge électrique. Un premier signal détermine le moment où chaque passage de la plaque amène une excitation de la torpille; cette excitation se produit toujours à une même phase du passage de la plaque, car elle est provoquée par une pièce qui dépend de cette plaque même et participe à son mouvement.

Pour arriver au muscle de la grenouille chargé de la signaler, la décharge de la torpille doit traverser un *contact métallique*, qui, par suite du mouvement de la machine, n'est fermé que pendant $^1/_{200}$ de seconde. Ce contact peut glisser le long du bord de la plaque; il avance ou recule, suivant que l'on pousse ou que l'on tire une règle divisée. A l'aide de ce mécanisme, on peut fermer le circuit de la torpille et chercher à recueillir le signal de sa décharge, soit au moment où se produit l'excitation, soit à d'autres moments plus ou moins éloignés de cette excitation. Si l'on fait coïncider la clôture du circuit de la torpille avec l'excitation, la grenouille ne produit pas de mouvement; c'est que, en effet,

elle n'a rien pu recevoir de la torpille à cause du retard de la décharge, le contact ayant eu le temps de se rompre avant que la décharge arrive à la grenouille. Mais si l'on pousse graduellement la règle divisée, de manière à retarder de plus en plus l'instant où se produit le contact, il arrive un moment où le début de la décharge trouvant le circuit fermé, arrive à la grenouille et produit le signal.

Si la décharge de la torpille était instantanée, en poussant la règle d'une petite quantité, de manière à retarder de $^1/_{200}$ de seconde l'instant de la clôture du circuit, on ferait cesser le mouvement de la grenouille; la décharge, en effet, n'existerait plus au moment où l'on chercherait à la recueillir. Mais il n'en est pas ainsi, et en fermant le circuit de plus en plus tard, on retrouve la décharge de la torpille à des instants de plus en plus éloignés de son début, et on obtient ainsi sur la plaque enfumée des signaux successifs qui montrent que la décharge a duré pendant tout le temps que la plaque a mis à parcourir l'espace qui sépare le premier signal du dernier. Mesuré au diapason, ce temps correspond à $^1/_{14}$ de seconde. Cette durée est sensiblement celle de chacune des secousses musculaires de la grenouille qui servaient de signal.

Ainsi M. Marey a constaté, par des expériences nombreuses et faites avec beaucoup de précision, qu'une parfaite analogie existe entre la décharge électrique de la torpille et la secousse d'un muscle de la vie animale, tant au point de vue du retard de ces phénomènes sur l'excitation qui les provoque, qu'à celui de la durée de chacun d'eux.

Observations du Rédacteur.

Les intéressantes expériences de M. Marey confirment d'une manière remarquable les idées que j'avais émises en 1858 sur l'origine de l'électricité qui se manifeste dans les poissons électriques [1]. Partant du principe que cette électri-

[1] Traité d'Électricité théorique et appliquée, par M. A. de la Rive, tome III, p. 70.

cité ne pouvait pas être due à une cause spéciale propre seulement à un très-petit nombre de poissons, mais devait provenir d'une cause plus générale et commune à tous les animaux doués d'un système nerveux, j'avais cherché à montrer que cette cause gît dans l'état électrique général des nerfs, si bien démontré et étudié par M. Dubois-Reymond.

Après avoir signalé toutes les analogies qui existent entre l'action qui détermine les décharges électriques et l'action qui produit la contraction musculaire, j'ajoutais :

« Si maintenant nous rapprochons les phénomènes spéciaux qui sont propres aux poissons électriques des phénomènes généraux que présentent tous les autres animaux, nous sommes amenés à conclure que les nerfs qui déterminent la décharge électrique, doivent être identiques dans leur état naturel et dans les modifications que cet état éprouve, aux nerfs du mouvement qui produisent la contraction musculaire. La seule différence est que ces nerfs, au lieu d'aboutir à un muscle ordinaire, aboutissent à l'organe particulier que nous avons appelé *organe électrique*, et que leur électricité, au lieu de se convertir en action motrice, s'accumule par l'effet de la disposition des parties dont se compose l'organe, de manière à donner de violentes secousses ; en effet, l'organe n'éprouve, au moment de la décharge, aucun changement de forme, contrairement à ce qui a lieu pour les muscles. »

Ainsi pour moi, comme pour M. Marey, la différence essentielle entre le muscle et l'appareil électrique est simplement que, sous l'influence des nerfs, le premier développe un mouvement, soit un travail mécanique, et le second donne naissance simplement à de l'électricité sans travail mécanique. Pour lui comme pour moi, cette influence est la même, tout en se manifestant sous deux formes différentes équivalentes l'une à l'autre ; et il ajoute aux preuves théoriques cette double démonstration expérimentale d'une immense importance, savoir que dans la décharge électrique

de la torpille et dans la secousse qu'éprouve un muscle ordinaire, le retard de ces deux phénomènes sur l'excitation nerveuse qui la provoque est le même, et que leur durée est également la même.

M. Marey ne s'explique pas sur la cause qui produit les deux phénomènes; il se borne à la désigner sous le nom d'influence nerveuse et à établir qu'elle est de même nature dans les deux cas. Quant à moi, j'avais été plus loin. Convaincu que l'influence nerveuse se transmet par l'état électrique dans lequel se constitue le nerf, quand, soit par l'effet de la volonté, soit par l'effet d'autres causes, il détermine la contraction musculaire, j'avais cherché à montrer que c'est ce même état qui, dans les nerfs qui aboutissent chez les poissons électriques à leur organe électrique, donne lieu à la décharge. On sait que dans la torpille ces nerfs se ramifient dans l'organe d'une manière parfaitement régulière, de manière à ce qu'il y ait une ramification dans chacune des cellules, au nombre de 2000, qui se trouvent dans chacun des 940 prismes, qui forment comme autant de piles électriques. Dès lors, quelque faible que soit l'électricité de chacune de ces ramifications nerveuses, comme elles sont au nombre de 940 fois deux mille, c'est-à-dire de 1,880,000, on comprend qu'accumulée comme elle l'est dans les couples de la pile de Volta, cette électricité puisse arriver à un degré d'intensité plus que suffisant pour produire de fortes décharges.

Dans cette manière de voir, l'organe électrique du poisson ne serait qu'un appareil qui, en recevant l'électricité des nerfs, l'accumulerait sans lui faire changer de forme, tandis que les muscles ordinaires, dans les mêmes conditions, la transformeraient en mouvement. D'autres savants seraient plutôt disposés à voir dans l'organe électrique un appareil qui, au lieu de recevoir des nerfs l'électricité qu'ils possèdent et de l'accumuler ou condenser, seraient des appareils qui la produiraient eux-mêmes sous l'influence nerveuse. Mais qu'est-ce

que cette influence nerveuse, qui est évidemment identique dans les deux cas, comme vient de le prouver si bien M. Marey, et qui dans l'un produit l'électricité et dans l'autre le mouvement? Nous préférons y voir un état électrique, puisque l'existence d'un état électrique dans les nerfs est démontrée toutes les fois que s'exerce l'influence nerveuse et que l'électricité artificielle produit des effets semblables à ceux que cette influence détermine.

Il y aurait beaucoup à dire encore sur ce sujet intéressant, mais nous ne pouvons nous étendre davantage dans ce moment : nous serons appelés à y revenir quand M. Marey fera connaître les nouvelles expériences qu'il annonce devoir faire. A. DE LA R.

Rob.-J. ELLERY. SPECTRE DE L'AURORE. (*Nature*, 3 août 1871.)
Lord LINDSAY. L'AURORE. (*Nature*, 31 août 1871.)

Nous avons mentionné le fait que M. Zöllner à Leipzig et M. Browning en Angleterre ont observé une ligne rouge dans le spectre des aurores boréales des 24 et 25 octobre 1870 [1]. M. R.-J. Ellery rappelle qu'il avait communiqué à la Société royale de Victoria une observation analogue faite à Melbourne sur la grande aurore australe du 5 avril 1870.

Le spectre de l'aurore avait été obtenu à l'aide d'un microspectroscope de Browning. Lorsque l'instrument était dirigé vers les courants rouges de l'aurore, on observait une ligne rouge plus réfrangible que C, une ligne verte rapprochée des lignes vertes du calcium et une bande indistincte encore plus réfrangible qui paraissait résoluble en lignes. Lorsque le spectroscope était dirigé sur l'arc vert de l'aurore, la ligne rouge disparaissait immédiatement.

Lord Lindsay, à Aberdeen, a observé plus récemment l'au-

[1] Voyez *Archives*, février 1871, tome XL, p. 186.



rore du 21 août 1871, qui était d'un blanc d'argent et ne présentait pas de traces de cette teinte rose qui caractérisait les aurores de l'automne précédent. La lumière émise par toutes les parties du ciel, excepté au sud près de l'horizon, donnait une raie brillante au spectroscope. En dirigeant l'instrument vers le nord-ouest, on a observé les cinq raies suivantes rangées dans l'ordre de leur visibilité :

1° Une ligne fine, bien nette, visible avec une fente très-étroite, plus réfrangible que D ;

2° Une ligne un peu plus réfrangible que F, nettement terminée du côté du rouge et nébuleuse de l'autre côté;

3° Une large bande mal définie, légèrement moins réfrangible que G, et visible seulement avec une large fente;

4° Une ligne près de E, assez vive en son centre, mais indistincte près des bords. Elle doit coïncider ou être très-rapprochée de la ligne 1474 de la couronne solaire ;

5° Une bande pâle coïncidant avec *b* et s'étendant également des deux côtés de cette dernière.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

C. DITTMAR. EIN NEUER BEWEIS, etc. NOUVELLE DÉMONSTRATION DE L'EXCITABILITÉ DES FIBRES CENTRIPÈTES DE LA MOELLE ÉPINIÈRE. (*Arbeiten aus der Phys. Anstalt zu Leipzig*, en l'an 1870. Leipzig, 1871, tiré de *Ber. der math. phys. Cl. der K. S. Gesellschaft der Wiss. zu Leipzig.*) — F. MIESCHER. ZUR FRAGE, etc. DE LA QUESTION DES VOIES DE TRANSMISSION DE LA SENSIBILITÉ DANS LA MOELLE ÉPINIÈRE. (Même recueil, même année.) — BROWN-SÉQUARD. NOUVELLES RECHERCHES SUR LE TRAJET DES DIVERSES ESPÈCES DE CONDUCTEURS D'IMPRESSIONS SENSITIVES DANS LA MOELLE ÉPINIÈRE. (*Archives de Phys. norm. et path.*, I et II, 1868 et 1869.)

Il résulte des expériences de *von Bezold*, confirmées et éten-

dues par MM. *Loven* et *Asp* que chez les animaux curarisés la plus petite excitation de la peau ou des nerfs auditifs amène une augmentation de la pression artérielle qu'il est facile de mesurer au moyen d'un manomètre enregistreur placé dans une carotide. MM. Ludwig et Thiry ont démontré que cette augmentation de pression était le résultat d'une contraction des petits vaisseaux excités d'une manière réflexe par l'excitation d'un nerf sensible.

L'augmentation de la pression constitue pour M. Ludwig un réactif très-sensible de la sensibilité. Ce réactif est précieux, car s'il est facile dans les expériences physiologiques d'apprécier l'excitabilité motrice se traduisant par des contractions musculaires, il n'en est pas de même de l'excitabilité des fibres centripètes ou sensibles. L'expression de la sensibilité étant souvent très-obscure.

Sur le conseil de M. Ludwig ce procédé nouveau a été mis en usage par MM. *Dittmar* et *Miescher* dans des expériences qu'ils ont faites dans le laboratoire de M. Ludwig à Leipzig.

Les expériences de M. *Dittmar* ont pour but de rechercher quelles sont les parties de la moelle épinière dont l'excitation produit de la sensibilité. M. Dittmar opère sur des lapins curarisés, il sectionne transversalement la moelle pour éviter les changements de pression produits par l'excitation directe de la moelle sur les parties inférieures.

En excitant alors la moelle laissée en place il obtient toujours une augmentation de pression qu'il attribue en grande partie à l'excitation de la dure-mère.

Coupant alors longitudinalement le tronçon supérieur de la moelle, de manière à avoir un segment antérieur et un segment postérieur, M. Dittmar observe que l'excitation du tronçon antérieur laissé en place dans la dure-mère, donne lieu à une élévation de pression qui tient, selon toute vraisemblance, à l'excitation de la dure-mère, dont l'ouverture même donne lieu à une élévation de pression ; mais s'il isole ce tronçon de moelle en le séparant des cordons postérieurs

et sectionnant quelques racines antérieures, il n'a plus d'élévation de pression.

L'excitation des *cordons antérieurs* ainsi que celle de la *substance grise* resta sans action; l'excitation des *cordons latéraux* et *postérieurs* donna seule lieu à une élévation de pression, moindre cependant que celle qui fut produite par l'excitation du tronçon de moelle laissé en place.

L'auteur conclut qu'à côté des racines sensibles il existe dans la moelle des fibres propres dont l'excitation mecanique, électrique ou chimique peut se transmettre à la moelle allongée et agir d'une manière réflexe sur les centres vasomoteurs.

M. *Miescher* recherche quelles sont les voies de transmission de la sensibilité à travers la moelle épinière. C'est là, on le sait, un sujet de discussion pour les physiologistes: les premiers admettent (avec MM. Brown-Séquard, Schiff, Vulpian, Sanders-Ezn, etc.) que cette transmission se fait entièrement ou presque entièrement par la substance grise avec le concours des cordons postérieurs pour les uns et sans le concours de ces faisceaux pour les autres; les seconds, au contraire (avec MM. Türck, Chauveau, Hohn, etc.), attribuent le principal rôle à la substance blanche des faisceaux latéraux.

M. Miescher, considérant l'isolement parfait de la substance grise comme impossible, recherche si la moelle réduite par une section à un faisceau de substance blanche peut encore transmettre des excitations faites sur le nerf sciatique.

Il opère sur des lapins curarisés et pour se rendre un compte exact des lésions qu'il produit sur la moelle, il enfonce dans cet organe tantôt un, tantôt deux petits couteaux en forme de flèche qu'il peut fixer dans la colonne vertébrale et dont il use comme point de repère. Le couteau sert en outre de guide pour faire une section transversale de la moelle d'un côté de l'instrument, les parties placées de l'autre côté restant intactes. L'expérience terminée, la

moelle est durcie, des coupes soignées sont faites et les lésions produites déterminées ainsi avec exactitude.

Le manomètre indique les variations de pression qui peuvent se produire avant le début de l'expérience et l'expérimentateur en tient compte. Le bout central des sciatiques est excité et M. Miescher observe la variation de la pression produite. M. Miescher tire de ses expériences les conclusions suivantes :

1° Les fibres nerveuses centripètes appartenant aux nerfs sciatiques qui peuvent produire par action réflexe une élévation de la pression sanguine passent en totalité ou du moins en grande majorité dans les cordons blancs latéraux de la moelle au niveau du segment situé entre la 3me racine lombaire et la dernière racine thoracique (seule portion de la moelle sur laquelle ait expérimenté Miescher).

2° Dans ce segment médullaire les fibres en question ont subi un entre-croisement presque complet.

M. *Brown-Séquard*, dans un nouveau mémoire, cherche à confirmer les opinions qu'il avait déjà émises dans son journal, 1863, VI, et dans des communications faites à la Société de Biologie.

Cet auteur rapporte un grand nombre d'observations cliniques, dont la plupart ne sont malheureusement pas suivies de nécropsie, qui l'engagent à admettre qu'il y a dans la moelle des conducteurs différents pour les impressions de diverse nature (contact, douleur, température, sens musculaire, etc.). Pour M. Brown-Séquard, les fibres transmettant les impressions variées de sensibilité s'entre-croiseraient d'une manière complète dans la moelle épinière. Les fibres transmettant les impressions du sens musculaire ne s'entre-croiseraient qu'au niveau du bulbe comme les agents de transmission de la motilité et les fibres vaso-motrices. De là résulte qu'une lésion siégeant dans la moitié latérale de la moelle au niveau de sa région dorsale, se traduit par une paralysie du mouvement, et du sens musculaire du côté de la

lésion accompagnée d'une augmentation de température et par une perte ou une diminution des diverses espèces de sensibilité du côté opposé à la lésion.

Il faudrait beaucoup d'observations cliniques détaillées, suivies d'autopsies soignées pour arriver à déterminer d'une manière précise ce point de physiologie, car chez les animaux on ne peut que difficilement analyser les diverses espèces de sensibilité.

M. Brown-Séquard nous promet un nouveau mémoire dans lequel il viendrait au moyen de vivisections compléter et confirmer ce que lui a appris l'observation des malades.

Nous nous réservons de revenir alors sur un sujet qui intéresse à un aussi haut degré la physiologie et la médecine.

D[r] P.

Dr G. Sormani. La feconDita, etc. La fécondité et la mortalité humaines dans leurs rapports avec les saisons et le climat de l'Italie; in-8°. Florence, 1870.

L'auteur a déduit de ses travaux statistiques diverses conclusions dont les principales sont les suivantes :

1° Le minimum des conceptions s'observe en août, septembre et octobre, et le maximum en avril, mai et juin.

2° Le minimum de la mortalité s'observe en avril et mai et le maximum en juillet et août.

3° Réunissant ces deux ordres de faits, les conceptions et la mortalité, il en déduit les lois de la force vitale dans ses rapports avec les influences atmosphériques, et il établit que la vitalité (maximum des conceptions et minimum de la mortalité) atteint sa plus grande force en avril, mai et juin, tandis que la vitalité est à son minimum en août et septembre, époque du plus petit nombre des conceptions et de la plus forte mortalité.

4° Il a reconnu l'influence délétère des températures extrêmes pour abaisser la force vitale, puisque le nombre des con-

ceptions diminue avec les températures inférieures à 3° et supérieures à 21°, et que le nombre des décès augmente avec les températures inférieures à 5°,5 et supérieures à 22°,5.

L'ensemble des recherches statistiques du Dr Sormani a une haute importance pour le royaume d'Italie et forme un complément très-précieux des travaux que j'ai précédemment publiés sur les lois de la mortalité en Europe, dans ses rapports avec les influences atmosphériques.

Dr H. Lombard.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1871.

Le 1, fort vent et pluie depuis midi.
2, id. id. tout le jour; le soir, éclairs à l'Est.
3, id.
4, les sommités du Jura sont légèrement blanchies ce matin par la neige, qui disparaît au bout de quelques heures. A midi, halo solaire.
6, forte rosée le matin; hâlo solaire depuis 10 h. matin; à 3 $^1/_2$ h., on voit le parhélie de droite, et à 4 $^1/_2$ h. les deux parhélies.
7, rosée le matin.
12, forte bise presque tout le jour.
13, la bise est moins forte que la veille.
16, 17, 18, 19, brouillard épais tout le jour.
20, brouillard le matin et le soir, clair dans la journée.
21, brouillard le matin.
23, bise assez forte tout le jour.
26, forte bise tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 2 à 10 h. soir	720,21
6 à 10 h. matin	730,71
10 à 8 h. soir	734,45
13 à 10 h. matin	734,74
17 à 10 h. matin	731,41
22 à 10 h. matin	735,25
25 à 10 h. soir	729,58
31 à midi	723,83

MINIMUM.

	mm
Le 1 à 6 h. soir	717,00
3 à 2 h. après m.	716,20
7 à 4 h. après m.	726,18
12 à 6 h. matin	728,44
15 à 4 h. après m.	727,14
19 à 6 h. soir	724,17
24 à 2 h. après m.	726,12
30 à 2 h. après m.	722,04

			…	normale.			… 24 h.	tension normale.	des 24 h.	… avec la fraction norm.	Minim	Maxim.	tomb. d. les 24 h.	nb. d'h.	… nant.	… du Ciel.	Midi.	Écart avec la temp. normale.	…imètre 1 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	720,66	— 6,06	+13,49	+1,20	+12,4	+17,0	7,88	—0,87	702	—112	570	830	5,8	7	SSO. 2	1,00	—	—	174
2	718,89	— 7,80	+12.03	—0,10	+ 9,9	+15,1	7,30	—1,38	712	—104	620	750	15,0	12	SSO. 2	0,91	9,2	— 6,4	175
3	716,96	— 9,70	+11,10	—0,87	+ 9,9	+14,0	7,42	—1,19	768	— 49	600	880	9,7	9	SSO. 2	0,81	6,7	— 8,8	175
4	722,76	— 3,87	+11,93	+0,12	+ 8,9	+16,4	6,58	—1,96	664	—155	400	890	...	...	SO. 1	0,54	6,8	— 8,6	176
5	726,18	— 0,42	+ 9,46	—2,19	+ 7,7	+12,4	8,04	—0,43	931	+111	750	1000	13,6	10	N. 1	0,68	11,7	— 3,6	180
6	729,98	+ 3,41	+ 9,25	—2,24	+ 4,0	+14,0	7,52	—0,88	865	+ 43	690	990	7,9	5	variable	0,59	14,9	— 0,3	181
7	727,29	+ 0,75	+10,87	—0,45	+ 7,0	+14,9	8,91	+0,58	919	+ 95	730	1000	0,2	1	N. 1	0,83	14,6	— 0,5	181
8	727,36	+ 0,85	+16,14	+4,98	+11,0	+21,4	10,49	+2,23	774	— 51	500	890	2,1	4	variable	0,76	—	—	181
9	729,35	+ 2,86	+14,63	+3,64	+11,8	+19,1	10,24	+2,05	839	+ 12	600	960	7,5	6	variable	0,96	14,6	— 0,3	180
0	733,69	+ 7,22	+11,23	+0,40	+ 9,9	+13,9	7,69	—0,43	793	— 35	690	920	...	...	NNE. 1	0,99	14,7	0,0	180
1	731,01	+ 4,56	+10,82	+0,16	+ 8,3	+14,0	7,95	—0,10	841	+ 12	710	990	13,2	9	variable	0,93	14,7	+ 0,1	179
2	729,95	+ 3,52	+ 8,61	—1,88	+ 7,0	+11,2	5,90	—2,08	732	— 98	600	1000	0,4	2	NNE. 3	0,46	14,3	— 0,2	...
3	734,16	+ 7,75	+ 7,41	—2,91	+ 4,6	+11,0	5,00	—2,91	673	—158	480	770	...	...	NNE. 2	0,21	13,7	— 0,7	180
4	731,08	+ 4,69	+ 6,28	—3,87	+ 4,1	+ 9,1	5,39	—2,44	775	— 57	610	840	...	...	N. 1	0,47	13,2	— 1,1	...
5	728,20	+ 1,83	+ 7,57	—2,41	+ 5,3	+11,5	6,25	—1,50	823	— 10	670	970	...	...	variable	0,33	—	—	..
6	728,36	+ 2,00	+ 6,41	—3,40	+ 2,0	+ 9,9	7,04	—0,63	969	+135	860	1000	...	...	SSO. 1	1,00	13,3	— 0,7	172
7	730,86	+ 3,50	+ 8,09	—1,55	+ 6,7	+ 9,9	7,62	+0,03	960	+125	890	1000	...	...	variable	1,00	13,5	— 0,4	170
8	729,87	+ 3,51	+ 9,08	+0,39	+ 7,8	+11,3	8,21	+0,70	970	+134	860	1000	...	...	OSO. 1	1,00	13,5	— 0,3	168
9	725,69	— 0,66	+ 8,97	—0,33	+ 8,0	+10,5	8,28	+0,85	985	+149	910	1000	..	...	variable	1,00	13,6	0,0	165
0	726,25	— 0,10	+ 9,99	+0,86	+ 8,0	+15,4	8,36	+1,01	930	+ 93	740	1000	...	...	variable	0,56	13,6	+ 0,1	164
1	731,29	+ 4,94	+10,48	+1,52	+ 8,0	+14,0	8,89	+1,62	946	+109	820	1000	5,3	4	variable	0,99	13,4	0,0	162
2	734,42	+ 8,07	+12,02	+3,23	+ 9,0	+18,2	6,51	—0,68	645	—193	480	780	...	...	variable	0,52	—	—	161
3	729,81	+ 3,47	+ 8,29	—0,32	+ 7,3	+10,0	6,14	—0,97	773	— 65	700	800	...	...	NNE. 2	0,94	12,8	— 0,3	...
4	726,86	+ 0,52	+ 8,28	—0,16	+ 7,4	+10,4	5,92	—1,11	748	— 91	650	820	...	...	NNE. 1	0,93	12,9	— 0,1	...
5	727,77	+ 1,43	+ 8,12	—0,15	+ 6,1	+11,1	4,68	—2,27	611	—228	490	660	...	...	N. 1	0,27	12,8	0,0	...
6	728,94	+ 2,60	+ 5,04	—3,06	+ 3,2	+ 6,8	4,25	—2,62	681	—159	560	790	...	...	NNE. 3	0,78	11,9	— 0,8	146
7	726,90	+ 0,56	+ 4,60	—3,32	+ 2,1	+ 8,8	4,75	—2,04	782	— 58	610	930	...	...	variable	0,60	12,3	— 0,3	145
8	725,51	— 0,43	+ 4,97	—2,78	+ 1,6	+ 9,0	5,23	—1,49	823	— 18	570	950	...	...	SSO. 1	0,40	12,4	0,0	143
9	723,46	— 3,09	+ 5,09	—1,48	+ 1,3	+ 8,9	5,61	—1,04	863	+ 22	720	950	...	...	variable	0,71	—	—	140
0	722,53	— 3,82	+ 5,28	—2,12	+ 4,4	+ 6,8	5,74	—0,84	888	+ 46	830	890	...	...	NE. 1	1,00	12,1	— 0,1	139
1	723,33	— 3,02	+ 6,08	—1,15	+ 4,3	+ 7,9	6,07	—0,44	881	+ 39	810	900	...	...	NNE. 1	1,00	11,9	— 0,2	135

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,03	725,58	725,57	725,37	725,03	725,07	725,39	725,98	726,19
2e »	729,72	730,11	730,15	729,62	729,11	728,84	729,11	729,70	729,89
3e »	727,37	727,79	727,92	727,48	726,95	726,74	727,03	727,23	727,39
Mois	727,38	727,83	727,88	727,49	727,03	726,88	727,17	727,62	727,81
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+10,14	+10,93	+12,64	+14,27	+14,90	+14,07	+12,53	+11,84	+11,32
2e »	+ 6,61	+ 7,23	+ 8,74	+ 9,74	+10,84	+10,30	+ 9,16	+ 8,40	+ 7,70
3e »	+ 5,96	+ 6,28	+ 7,48	+ 8,83	+ 9,19	+ 8,87	+ 7,61	+ 6,95	+ 6,44
Mois	+ 7,52	+ 8,09	+ 9,55	+10,88	+11,56	+11,01	+ 9,70	+ 9,00	+ 8,42
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	8,06	8,25	8,26	8,23	8,47	8,50	8,60	8,43	8,3[illegible]
2e »	6,84	7,01	7,14	7,09	7,21	7,29	7,27	7,21	7,13
3e »	5,94	5,89	5,91	5,94	5,82	5,90	5,99	6,00	6,02
Mois	6,91	7,02	7,06	7,05	7,12	7,19	7,24	7,17	7,11
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	869	848	757	687	673	711	787	811	[illegible]
2e »	928	913	842	787	742	778	834	869	9[illegible]
3e »	846	822	761	697	669	693	762	797	82[illegible]
Mois	880	860	786	723	694	726	793	825	85[illegible]

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	o	o		o	mm	cm
1re décade	+ 9,25	+15,82	0,81	11,65	61,8	178,3
2e »	+ 6,18	+11,38	0,70	13,71	13,6	171,1
3e »	+ 4,97	+10,17	0,74	12,50	5,3	146,4
Mois	+ 6,74	+12,38	0,75	12,66	80,7	166,1

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,74 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 15°,9 E., et son intensité est égale à 24,5 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1871.

Le 1, brouillard et neige presque tout le jour.
2, id. id.
3, id. id.
5, id. id.
7, brouillard une partie de la journée.
9, id. id.
10, brouillard et pluie le matin; clair le soir.
11, id. le soir.
12, id. presque tout le jour.
19, id. le soir.
20, id. le matin.
22, id. le matin et le soir.
23, id. tout le jour.
26, id, le matin et le soir; dans la nuit du 26 au 27, le lac, près de l'hospice, a été entièrement couvert de glace.
27, id. le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	558,89	Le 2 à 6 h. matin	554,35
6 à midi	567,83	3 à 2 h. après m.	556,20
10 à 10 h. soir	570,56	8 à 6 h. matin	566,09
13 à 10 h. soir	569,39	12 à 8 h. matin	562,93
17 à 10 h. soir	569,31	15 à 6 h. matin	565,02
22 à 10 h. matin	570,79	20 à 6 h. matin	563,78
31 à 6 h. soir	562,96	30 à 6 h. matin	559,99

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	559,06	— 6,20	557,44	562,28	+ 0,28	— 1,23	0,0	+ 2,1	20	12,3	4	NE. 1	0,89
2	556,86	— 8,91	554,35	558,89	— 3,06	— 4,42	— 3,8	— 1,6	150	18,3	10	NE. 2	0,98
3	556,79	— 8,89	556,20	558,33	+ 0,23	— 0,98	— 2,0	+ 3,0	63	16,5	8	SO. 1	0,94
4	560,83	— 4,76	559,34	562,04	— 1,21	— 2,27	— 7,6	+ 4,0	.....	.....	....	variable	0,47
5	563,48	— 2,02	561,00	566,33	— 1,14	— 2,05	— 3,2	+ 3,8	130	17,1	10	NE. 1	1,00
6	567 40	+ 2,01	566,58	567,83	— 0,54	— 1,30	— 2,1	+ 4,7	.....	.....	....	SO. 1	0,30
7	566,55	+ 1,23	566,23	567,02	+ 0,49	— 0,12	— 0,4	+ 2,6	5	2,5	1	SO. 1	0,78
8	566,90	+ 1,66	566,09	567,62	+ 2,32	+ 1,85	+ 0,8	+ 6,4	.....	.....	....	NE. 1	0,27
9	568,16	+ 3,01	567,51	568,85	+ 2,24	+ 1,92	+ 1,0	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,83
10	569,98	+ 4,92	569,45	570,56	+ 1,20	+ 1,03	0,0	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 1	0,60
11	568,06	+ 3,09	566,28	569,21	+ 2,53	+ 2,51	— 2,8	+ 6,8	.....	7,6	4	NE. 1	0,58
12	564,69	— 0,19	562,93	566,47	— 4,28	— 4,14	— 6,1	— 0,8	275	31,8	12	NE. 2	0,89
13	568,55	+ 3,76	566,91	569,39	— 1,14	— 0,84	— 6,3	+ 3,4	.....	.....	....	NE. 1	0,00
14	566,68	+ 1,98	565,58	568,12	+ 0,38	+ 1,03	— 5,0	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,22
15	565,72	+ 1,11	565,02	566,24	+ 1,42	+ 2,02	— 1,0	+ 4,0	.....	.....	....	SO. 1	0,08
16	566,35	+ 1,83	565,52	567,40	+ 1,86	+ 2,61	0,0	+ 6.0	.....	.....	....	NE. 1	0,01
17	568,81	+ 4,37	567,71	569,31	+ 3,82	+ 4,73	+ 1,6	+ 6,8	.....	.....	....	SO. 1	0,00
18	568,06	+ 3,70	567,60	568,69	+ 2,75	+ 3,82	+ 0,7	+ 6,7	.....	.....	....	variable	0,02
19	564,64	+ 0,36	564,19	565 58	+ 1,45	+ 2,67	— 1,3	+ 4,5	.....	.....	....	variable	0,22
20	565,54	+ 1,34	563,78	567,61	— 0,68	+ 0,69	— 4,0	+ 2,4	.....	.....	....	SO. 1	0,51
21	569,26	+ 5,14	568,17	569,93	+ 1,79	+ 3,31	0,0	+ 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,29
22	569,36	+ 5,32	568,11	570,79	— 1,08	+ 0,59	— 4,9	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,58
23	565,76	+ 1,80	565,68	566,11	— 4,68	— 2,85	— 4,7	— 3,0	40	4,6	2	SO. 2	0,94
24	563,49	— 0,39	562,93	564,49	— 3,44	— 1,46	— 4,2	— 1,2	.....	.....	....	SO. 1	0,11
25	562,25	— 1,55	561,78	562,80	— 5,63	— 3,50	— 7,4	— 3,4	.....	.....	....	NE. 2	0,23
26	561,57	— 2,15	561,24	561,94	— 7,64	— 5,36	— 9,0	— 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,33
27	560,75	— 2,90	560,66	561,21	— 6,87	— 4,44	— 8,0	— 4,8	.....	.....	....	variable	0,37
28	560,92	— 2,66	560,42	561,22	— 5,26	— 2,68	— 8,8	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,13
29	560,61	— 2,90	560,44	560,89	— 1,08	+ 1,65	— 3,6	+ 3,3	.....	.....	....	NE. 0	0,00
30	560,58	— 2,86	559,99	561,48	— 1,52	+ 1,36	— 3,3	+ 1,0	.....	.....	....	SO. 1	0,23
31	562,49	— 0,88	561,65	562,96	— 1,83	+ 1,19	— 2,8	— 0,5	.....	.....	....	SO. 1	0,96

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,05	563,34	563,65	563,70	563,71	563,75	563,91	564,17	564,42
2e »	566,36	566,68	567,01	566,83	566,71	566,75	566,86	566,96	567,00
3e »	563,16	563,53	563,72	563,55	563,41	563,34	563,43	563,44	563,47
Mois	564,16	564,48	564,76	564,66	564,57	564,57	564,69	564,81	564,91
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 1,49	— 0,51	+ 1,04	+ 2,48	+ 2,44	+ 1,78	+ 0,37	— 0,11	— 0,41
2e »	— 1,01	+ 0,66	+ 2,39	+ 4,10	+ 3,87	+ 1,96	+ 1,18	+ 0,07	— 0,87
3e »	— 4,32	— 3,65	— 2,28	— 1,14	— 1,15	— 1,98	— 3,30	— 3,80	— 3,14
Mois	— 2,35	— 1,25	+ 0,30	+ 1,72	+ 1,63	+ 0,50	— 0,67	— 1,36	— 1,86

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 1,73	+ 3,40	0,71	74,3	370
2e »	— 2,42	+ 4,38	0,25	31,8	275
3e »	— 5,15	— 0,92	0,38	4,6	40
Mois	— 3,17	+ 2,18	0,44	110,7	685

Dans ce mois, l'air a été calme 12 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,95 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 31,5 sur 100.

* Voir la note du tableau.

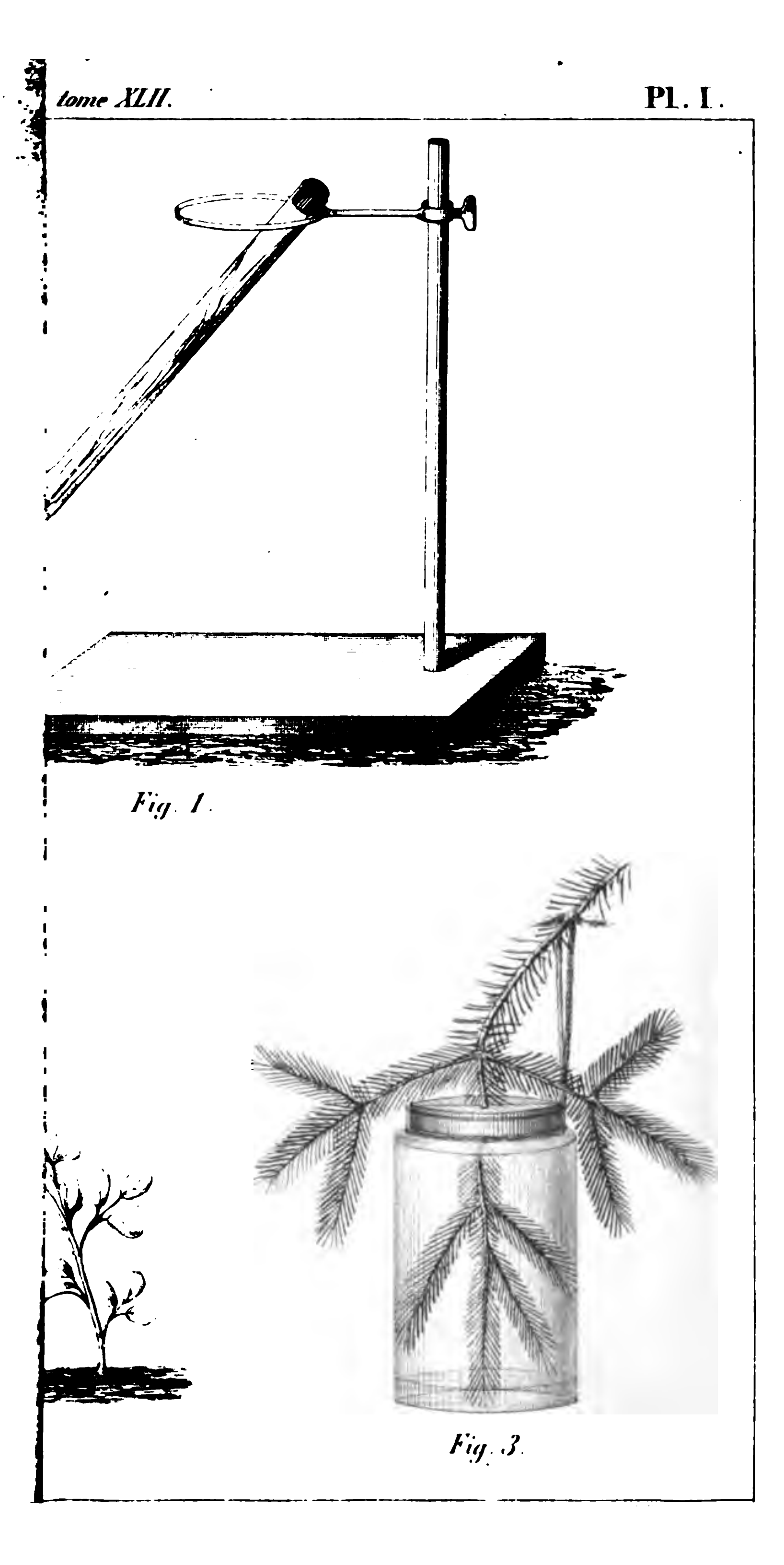
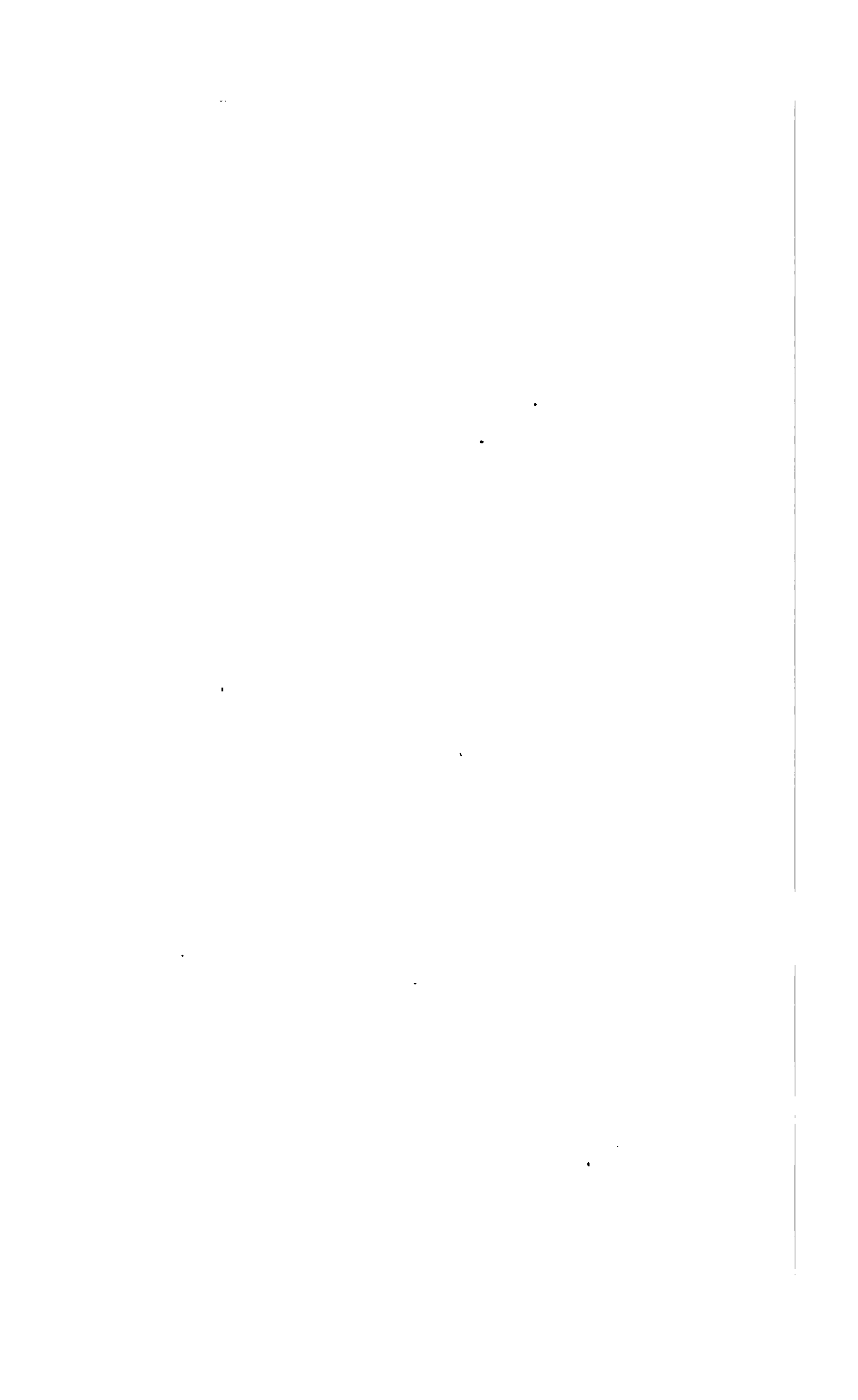


Fig. 1.

Fig. 3.



RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1870

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR

Professeur

Les observations météorologiques ont été faites et réduites en 1870, dans les deux stations, suivant le même système que dans les années précédentes; je résumerai également de la même manière les résultats principaux, ainsi que la comparaison avec la moyenne.

Température a GENÈVE 1870.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1869.	+ 2,00	+ 2,39	+ 1,48	+ 0,85	+ 0,44	+ 0,34	+ 0,06	- 0,20	- 0,44	- 0,62	- 0,58	+ 0,66	+ 0,53	- 1,96	+ 3,35
Janv. 1870	+ 1,70	+ 2,47	+ 2,01	+ 0,99	+ 0,29	- 0,33	- 0,73	- 1,01	- 1,21	- 1,28	- 1,15	+ 0,32	+ 0,17	- 2,42	+ 3,35
Février . .	+ 2,55	+ 3,06	+ 2,77	+ 1,74	+ 0,36	- 0,69	- 1,72	- 2,19	- 2,54	- 2,50	- 2,09	+ 0,33	- 0,08	- 3,67	+ 4,01
Mars . . .	+ 5,49	+ 6,04	+ 5,98	+ 4,92	+ 4,21	+ 3,60	+ 3,03	+ 2,17	+ 1,44	+ 1,72	+ 2,50	+ 4,35	+ 3,78	+ 0,91	+ 7,30
Avril . . .	+12,66	+13,55	+14,10	+12,65	+10,30	+ 8,78	+ 7,48	+ 5,66	+ 4.12	+ 4,89	+ 8,41	+10,90	+ 9,46	+ 4,09	+15,45
Mai	+18,74	+19,96	+20,04	+18,54	+16,12	+14,25	+12,63	+10,92	+ 9,98	+11,22	+14,48	+17,11	+15.33	+ 9,48	+21,58
Juin. . . .	+22,40	+23,37	+23,84	+22,10	+19,75	+17,62	+16,02	+14,29	+13,36	+14,68	+18,02	+20,42	+18,82	+12,27	+25,14
Juillet. . .	+25,16	+25,92	+26 04	+24,47	+22,41	+20,82	+19,42	+17,58	+16,36	+17,45	+20,49	+22,94	+21,58	+15,75	+28,12
Août . . .	+19,42	+20,46	+20,79	+19,04	+17,13	+15,73	+14,64	+13,22	+12,40	+13,35	+16,21	+17,97	+16,70	+12.27	+21,90
Septembre	+16,66	+17,54	+17,99	+16,49	+14,46	+12,90	+11,68	+10,34	+ 9.44	+10,22	+12,88	+15,19	+13,82	+ 9,24	+18,99
Octobre. .	+12,24	+12,92	+12,45	+11,47	+10,06	+ 9 26	+ 8,49	+ 7,45	+ 6,46	+ 6,89	+ 8,31	+11,12	+ 9.76	+ 5,58	+14,10
Novembre	+ 5,67	+ 5,76	+ 5,37	+ 4,92	+ 4,60	+ 4,30	+ 4,08	+ 3,92	+ 3,74	+ 3,71	+ 3,87	+ 4,93	+ 4,57	+ 2,63	+ 7,09
Hiver . . .	+ 2.06	+ 2,62	+ 2,07	+ 1,17	+ 0,36	- 0,21	- 0,77	- 1,10	- 1,36	- 1,43	- 1,25	+ 0,44	+ 0,22	- 2,65	+ 3,56
Printemps	+12,29	+13,18	+13,37	+12,03	+10,21	+ 8,88	+ 7,72	+ 6,16	+ 5,19	+ 5.06	+ 8,47	+10,79	+ 9.52	+ 4.83	+14,77
Été	+22,33	+23.25	+23,55	+21,67	+19,76	+18 06	+16.70	+15,04	+14,05	+15,17	+18,24	+20,44	+19.04	+13,45	+25,05
Automne .	+11,53	+12,08	+11,94	+10,97	+ 9,71	+ 8,83	+ 8,09	+ 7,24	+ 6,55	+ 6,94	+ 8,35	+10,44	+ 9,39	+ 5,81	+13,51
Année . .	+12,05	+12,84	+12,79	+11,57	+10,07	+ 8,94	+ 7,98	+ 6,88	+ 6,15	+ 6,70	+ 8,51	+10,58	+ 9,59	+ 5,40	+14,28

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1870.

Décembre 1869	$t = + 0{,}53^\circ + 1{,}19^\circ \sin(\mu + 43{,}3^\circ) + 0{,}61^\circ \sin(2\mu + 56{,}8^\circ) + 0{,}21^\circ \sin(3\mu + 49{,}7^\circ)$
Janvier 1870	$t = + 0{,}17 + 1{,}73 \sin(\mu + 41{,}6) + 0{,}56 \sin(2\mu + 37{,}4) + 0{,}13 \sin(3\mu + 45{,}0)$
Février	$t = - 0{,}08 + 2{,}88 \sin(\mu + 40{,}3) + 0{,}62 \sin(2\mu + 45{,}0) + 0{,}22 \sin(3\mu + 88{,}1)$
Mars	$t = + 3{,}78 + 2{,}15 \sin(\mu + 38{,}2) + 0{,}51 \sin(2\mu + 74{,}0) + 0{,}09 \sin(3\mu + 257{,}5)$
Avril	$t = + 9{,}46 + 4{,}59 \sin(\mu + 40{,}8) + 0{,}58 \sin(2\mu + 101{,}3) + 0{,}57 \sin(3\mu + 232{,}1)$
Mai	$t = + 15{,}33 + 4{,}85 \sin(\mu + 45{,}3) + 0{,}41 \sin(2\mu + 109{,}6) + 0{,}41 \sin(3\mu + 240{,}6)$
Juin	$t = + 18{,}82 + 4{,}97 \sin(\mu + 44{,}9) + 0{,}35 \sin(2\mu + 110{,}9) + 0{,}44 \sin(3\mu + 240{,}8)$
Juillet	$t = + 21{,}58 + 4{,}59 \sin(\mu + 42{,}7) + 0{,}62 \sin(2\mu + 99{,}9) + 0{,}38 \sin(3\mu + 244{,}6)$
Août	$t = + 16{,}70 + 3{,}88 \sin(\mu + 45{,}9) + 0{,}32 \sin(2\mu + 90{,}0) + 0{,}43 \sin(3\mu + 252{,}4)$
Septembre	$t = + 13{,}82 + 4{,}02 \sin(\mu + 43{,}7) + 0{,}35 \sin(2\mu + 91{,}0) + 0{,}36 \sin(3\mu + 234{,}1)$
Octobre	$t = + 9{,}76 + 3{,}00 \sin(\mu + 43{,}2) + 0{,}69 \sin(2\mu + 85{,}0) + 0{,}19 \sin(3\mu + 208{,}6)$
Novembre	$t = + 4{,}57 + 0{,}56 \sin(\mu + 47{,}1) + 0{,}34 \sin(2\mu + 63{,}8) + 0{,}10 \sin(3\mu + 90{,}0)$
Hiver	$t = + 0{,}22 + 1{,}89 \sin(\mu + 41{,}5) + 0{,}59 \sin(2\mu + 45{,}1) + 0{,}19 \sin(3\mu + 65{,}0)$
Printemps	$t = + 9{,}52 + 3{,}86 \sin(\mu + 42{,}0) + 0{,}49 \sin(2\mu + 97{,}7) + 0{,}35 \sin(3\mu + 242{,}0)$
Été	$t = + 19{,}04 + 4{,}41 \sin(\mu + 45{,}3) + 0{,}44 \sin(2\mu + 101{,}5) + 0{,}42 \sin(3\mu + 249{,}7)$
Automne	$t = + 9{,}39 + 1{,}98 \sin(\mu + 43{,}3) + 0{,}42 \sin(2\mu + 80{,}6) + 0{,}19 \sin(3\mu + 225{,}0)$
Année	$t = + 9{,}59 + 3{,}01 \sin(\mu + 43{,}0) + 0{,}44 \sin(2\mu + 79{,}5) + 0{,}19 \sin(3\mu + 241{,}4)$

TEMPÉRATURE AU SAINT-BERNARD 1870.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1869	- 8,74	- 8,64	- 9,26	- 9,76	- 9,67	- 9,64	- 9,70	- 9,95	-10,22	-10,38	-10,22	- 9,39	- 9,63
Janvier 1870 . .	- 8,05	- 7,94	- 9,15	- 9,97	-10,20	-10,37	-10,39	-10,38	-10,24	-10,36	-10,28	- 9,18	- 9,72
Février	- 6,88	- 6,50	- 7,29	- 8,40	- 9,21	- 9,39	- 9,48	- 9,59	- 9,73	- 9,63	- 9,10	- 7,76	- 8,58
Mars	- 5,29	- 4,71	- 5,69	- 7,44	- 8,15	- 8,42	- 8,63	- 9,14	- 9,38	- 8,97	- 7,84	- 6,34	- 7,50
Avril	- 0,67	- 0,20	- 0,65	- 2,68	- 4,14	- 4,51	- 4,72	- 5,51	- 6,19	- 5,95	- 3,08	- 1,79	- 3,32
Mai	+ 6,13	+ 6,54	+ 5,65	+ 3,80	+ 2,25	+ 1,46	+ 1,01	+ 0,29	- 0,24	+ 0,46	+ 3,05	+ 5,20	+ 2,9[illegible]
Juin	+ 7,80	+ 8,31	+ 7,39	+ 5,90	+ 4,66	+ 4,14	+ 3,63	+ 2,57	+ 1,99	+ 3,04	+ 5,34	+ 7,16	+ 5,16
Juillet	+10,83	+10,96	+10,05	+ 9,13	+ 8,21	+ 7,64	+ 6,89	+ 5,91	+ 5,51	+ 6,30	+ 8,46	+ 9,84	+ 8,31
Août	+ 6,14	+ 5,76	+ 4,83	+ 3,98	+ 3,35	+ 2,99	+ 2,72	+ 2,24	+ 2,00	+ 2,55	+ 4,19	+ 5,29	+ 3,84
Septembre . . .	+ 5,94	+ 6,04	+ 5,15	+ 4,19	+ 3,58	+ 3,23	+ 2,88	+ 2,33	+ 1,94	+ 2,25	+ 3,47	+ 4,95	+ 3,83
Octobre	+ 0,55	+ 0,64	- 0,25	- 1,29	- 1,55	- 1,84	- 2,25	- 2,95	- 3,22	- 2,73	- 1,56	- 0,45	- 1,41
Novembre . . .	- 4,36	- 4,53	- 5,45	- 6,14	- 6,37	- 6,62	- 6,72	- 6,53	- 6,41	- 6,46	- 6,45	- 5,21	- 5,94
Hiver	- 7,92	- 7,73	- 8,61	- 9,41	- 9,71	- 9,81	- 9,87	- 9,99	-10,11	-10,14	- 9,89	- 8,81	- 9,33
Printemps . . .	+ 0,06	+ 0,55	- 0,23	- 2,10	- 3,34	- 3,82	- 4,11	- 4,78	- 5,10	- 4,74	- 2,62	- 0,97	- 2,61
Été	+ 8,26	+ 8,35	+ 7,42	+ 6,34	+ 5,42	+ 4,93	+ 4,42	+ 3,58	+ 3,18	+ 3,97	+ 6,00	+ 7,43	+ 5,78
Automne	+ 0,71	+ 0,72	- 0,18	- 1,08	- 1,45	- 1,74	- 2,11	- 2,46	- 2,64	- 2,32	- 1,52	- 0,24	- 1,19
Année	+ 0,32	+ 0,51	- 0,35	- 1,52	- 2,23	- 2,57	- 2,88	- 3,38	- 3,63	- 3,27	- 1,96	- 0,60	- 1,80

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1870.

Décembre 1869.	$t = -9{,}63 + 0{,}59 \sin(\mu + 45{,}7) + 0{,}45 \sin(2\mu + 74{,}6) + 0{,}11 \sin(3\mu + 52{,}1)$
Janvier 1870 . .	$t = -9{,}72 + 1{,}06 \sin(\mu + 69{,}9) + 0{,}60 \sin(2\mu + 58{,}7) + 0{,}23 \sin(3\mu + 52{,}1)$
Février	$t = -8{,}58 + 1{,}49 \sin(\mu + 63{,}5) + 0{,}56 \sin(2\mu + 52{,}7) + 0{,}04 \sin(3\mu + 20{,}6)$
Mars	$t = -7{,}50 + 2{,}06 \sin(\mu + 63{,}1) + 0{,}67 \sin(2\mu + 65{,}7) + 0{,}16 \sin(3\mu + 324{,}4)$
Avril	$t = -3{,}32 + 2{,}74 \sin(\mu + 60{,}3) + 0{,}66 \sin(2\mu + 74{,}8) + 0{,}37 \sin(3\mu + 256{,}4)$
Mai	$t = +2{,}97 + 3{,}22 \sin(\mu + 62{,}7) + 0{,}88 \sin(2\mu + 85{,}0) + 0{,}26 \sin(3\mu + 236{,}6)$
Juin	$t = +5{,}16 + 2{,}83 \sin(\mu + 60{,}8) + 0{,}66 \sin(2\mu + 102{,}3) + 0{,}30 \sin(3\mu + 262{,}4)$
Juillet	$t = +8{,}31 + 2{,}49 \sin(\mu + 57{,}9) + 0{,}60 \sin(2\mu + 113{,}2) + 0{,}13 \sin(3\mu + 265{,}6)$
Août	$t = +3{,}84 + 1{,}83 \sin(\mu + 69{,}4) + 0{,}57 \sin(2\mu + 103{,}7) + 0{,}06 \sin(3\mu + 221{,}6)$
Septembre . . .	$t = +3{,}83 + 1{,}83 \sin(\mu + 58{,}0) + 0{,}60 \sin(2\mu + 86{,}7) + 0{,}01 \sin(3\mu + 328{,}0)$
Octobre	$t = -1{,}41 + 1{,}67 \sin(\mu + 59{,}1) + 0{,}56 \sin(2\mu + 95{,}1) + 0{,}11 \sin(3\mu + 334{,}7)$
Novembre . . .	$t = -5{,}94 + 1{,}00 \sin(\mu + 74{,}8) + 0{,}47 \sin(2\mu + 59{,}7) + 0{,}24 \sin(3\mu + 79{,}2)$
Hiver	$t = -9{,}33 + 1{,}02 \sin(\mu + 62{,}6) + 0{,}53 \sin(2\mu + 60{,}7) + 0{,}14 \sin(3\mu + 49{,}9)$
Printemps . . .	$t = -2{,}61 + 2{,}65 \sin(\mu + 62{,}0) + 0{,}68 \sin(2\mu + 75{,}2) + 0{,}24 \sin(3\mu + 263{,}6)$
Été	$t = +5{,}78 + 2{,}37 \sin(\mu + 62{,}0) + 0{,}61 \sin(2\mu + 107{,}4) + 0{,}16 \sin(3\mu + 264{,}2)$
Automne	$t = -1{,}19 + 1{,}52 \sin(\mu + 62{,}1) + 0{,}51 \sin(2\mu + 83{,}7) + 0{,}10 \sin(3\mu + 43{,}9)$
Année	$t = -1{,}80 + 1{,}89 \sin(\mu + 62{,}1) + 0{,}55 \sin(2\mu + 82{,}4) + 0{,}06 \sin(3\mu + 295{,}9)$

Si l'on compare la température de chaque mois, des saisons et de l'année entière, avec les valeurs moyennes déduites pour Genève des 40 années 1826-65, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

	ÉCARTS.		
	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
Décembre 1869.	—0°,31	—2°,04	+1°,73
Janvier 1870...	+0,46	—0,68	+1,14
Février........	—1,40	+0,03	—1,43
Mars..........	—0,75	—0,18	—0,57
Avril..........	+0,63	—0,05	+0,68
Mai...........	+2,23	+2,46	—0,23
Juin...........	+2,04	+1,07	+0,97
Juillet.........	+2,97	+2,15	+0,82
Août..........	—1,19	—2,14	+0,95
Septembre.....	—0,55	+0,51	—1,06
Octobre	—0,17	—0,93	+0,76
Novembre	—0,02	—0,64	+0,62
Hiver	—0,38	—0,93	+0,55
Printemps	+0,70	+0,75	—0,05
Été	+1,27	+0,36	+0,91
Automne	—0,24	—0,37	+0,13
Année.........	+0,34	—0,04	+0,38

Ce sont les mois de mai, juin et juillet qui présentent, à Genève, les anomalies les plus prononcées, positives pour ces trois mois ; pendant les 45 années 1826 à 1870, il n'y a eu que six mois de mai, trois mois de juin et un seul mois de juillet (en 1859), dont la température ait été plus élevée qu'en 1870. L'anomalie négative des mois de février et d'août dépasse légèrement seulement les limites de l'écart probable ; pour tous les autres mois la différence avec la température moyenne est peu con-

sidérable et comprise dans les limites de l'écart probable. Malgré l'abaissement de la température au mois d'août, l'été a été très-chaud par suite de l'excédant notable des mois de juin et de juillet; on ne trouve, depuis 1826, que trois années dont la température de l'été ait été plus élevée qu'en 1870. L'hiver, le printemps et l'automne présentent des anomalies moins prononcées; cependant, dans l'année 1870, l'automne a été de 0°,13 plus froid que le printemps, tandis qu'il est en moyenne de 0°,81 plus chaud. En somme, l'année 1870 a été d'un tiers de degré plus chaude que de coutume, quantité qui ne dépasse pas les limites de l'écart probable.

Au Saint-Bernard, la chaleur de l'été a été bien moins prononcée qu'à Genève, et, d'un autre côté, l'hiver a été relativement plus froid, seulement l'abaissement de la température ne tombe pas sur les mêmes mois. Tandis qu'à Genève le mois de décembre s'écarte peu de la moyenne, et celui de février a été notablement plus froid, au Saint-Bernard, le mois de décembre a été très-froid et le mois de février normal; il en résulte que le décroissement de la température entre les deux stations a été de 10°,16 en décembre, tandis qu'il n'est en moyenne que de 8°,43 dans ce mois, et de 8°,50 en février, au lieu de 9°,93. La température de l'année entière, au Saint-Bernard, coïncide presque exactement avec la moyenne.

Les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures pour chaque jour de l'année, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température, sont données dans les tableaux suivants, sous la même forme que dans les résumés an-

térieurs. J'ai relevé également la température moyenne de cinq jours en cinq jours, du 1er janvier au 31 décembre 1870, en inscrivant dans la colonne suivante l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 40 années 1826-65 ; lorsque cet écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, il est mis entre parenthèses. Sur les 73 périodes de cette année civile, il s'en trouve 34 pour lesquelles l'écart est positif, et 39 pour lesquelles il est négatif. Sur les 34 écarts positifs, 23 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum positif +6°,46 tombe sur la période du 21 au 25 mai. Sur les 39 écarts négatifs, 18 seulement dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum négatif —7°,55 tombe sur la période du 22 au 26 décembre 1870. La période des cinq jours consécutifs les plus froids de l'année civile est comprise du 22 au 26 décembre, avec une température moyenne de —7°,52 ; celle des cinq jours consécutifs les plus chauds est comprise du 5 au 9 juillet avec une température moyenne de +24°,54.

GENÈVE 1870.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très-froids	froids		tempérés		chauds		très-chauds		
	-10° à - 5°	- 5° à 0°	0° à + 5°	+ 5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1869 .	5	7	14	5	—	—	—	—	- 9°,01 le 30	+ 9°,12 le 19
Janv. 1870.	1	15	11	4	—	—	—	—	- 6,09 le 29	+ 9,08 le 8
Février. . .	3	12	11	2	—	—	—	—	- 6,77 le 23	+ 7,37 le 28
Mars	—	1	20	10	—	—	—	—	- 0,48 le 24	+ 7,34 le 5
Avril. . . .	—	—	2	15	13	—	—	—	+ 3,94 le 1	+14,[illegible]3 le 2
Mai	—	—	—	6	7	13	5	—	+ 6,71 le 4	+22,70 le 21
Juin	—	—	—	—	3	14	13	—	+12,45 le 6	+23,76 le 24
Juillet . . .	—	—	—	—	2	8	16	5	+13,09 le 2	+27,29 le 6
Août	—	—	—	—	9	20	2	—	+12,66 le 27	+23,29 le 1
Septembre.	—	—	—	—	21	8	1	—	+10,24 le 23	+20,39 le 2
Octobre . .	—	—	—	19	12	—	—	—	+ 6,03 le 21	+14,78 le 13
Novembre .	—	—	16	13	1	—	—	—	+ 0,28 le 18	+10,18 le 23
Année . . .	9	35	74	74	68	63	37	5	- 9,01 le 30 décembre.	+27,29 le 6 juillet.

GENÈVE 1870.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				°	°	°	°	°	°
Déc. . 1869	17	14	5	± 4,79	- 8,73 le 30	+ 8,73 le 19	± 2,68	- 5,55 le 25	+ 8,62 le 31
Janvier 1870	16	15	4	4,42	- 6,11 le 29	+ 9,60 le 8	2,29	- 4,10 le 3	+ 7,17 le 6
Février . . .	18	10	6	3,50	- 8,93 le 23	+ 4,66 le 28	2,75	- 4,93 le 10	+10,09 le 23
Mars	21	10	5	2,91	- 6,17 le 24	+ 4,50 le 1	1,87	- 4,69 le 5	+ 3,46 le 16
Avril	13	17	9	2,75	- 4,95 le 29	+ 5,26 le 22	2,16	- 5,23 le 27	+ 5,43 le 5
Mai.	9	22	6	4,51	- 4,67 le 4	+ 8,91 le 21	2,21	- 4,40 le 1	+ 4,02 le 27
Juin	8	22	6	3,30	- 3,39 le 6	+ 6,10 le 24	2,28	- 7,76 le 24	+ 3,73 le 26
Juillet . . .	2	29	2	4,43	- 5,14 le 2	+ 8,86 le 6	3,02	- 8,44 le 11	+ 4,63 le 3
Août	20	1	9	2,42	- 4,48 le 22	+ 4,64 le 1	1,54	- 3,86 le 2	+ 2,90 le 11
Septembre .	22	18	8	2,00	- 3,27 le 23	+ 4,13 le 2	2,20	- 4,23 le 10	+ 6,32 le 1
Octobre . . .	17	14	13	2,46	- 4,12 le 11	+ 6,26 le 26	3,10	- 6,65 le 26	+ 7,83 le 12
Novembre . .	17	13	5	3,07	- 4,08 le 12	+ 6,72 le 23	2,12	- 3,46 le 30	+ 3,65 le 21
Année . . .	180	185	78	± 3,35	- 8,93 le 23 février.	+ 9,60 le 8 janvier.	± 2,37	- 8,44 le 11 juillet.	+10,09 le 23 février.

SAINT-BERNARD 1870

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre										Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-30° et -25	-25° et -20	-20° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1869	—	2	6	4	16	2	1	—	—	—	-20°,90 le 28	+ 1°,05 le 19
Janvier 1870	—	—	2	14	11	4	—	—	—	—	-16,08 le 18	- 2,90 le 8
Février	—	—	1	7	17	3	—	—	—	—	-18,82 le 22	- 4,34 le 25
Mars	—	—	2	6	16	7	—	—	—	—	-17,91 le 24	- 0,27 le 2
Avril	—	—	—	—	10	14	6	—	—	—	- 9,27 le 29	+ 4,40 le 19
Mai	—	—	—	—	2	6	11	11	1	—	- 7,67 le 4	+10,28 le 22
Juin	—	—	—	—	—	3	11	12	4	—	- 2,04 le 6	+12,23 le 23
Juillet	—	—	—	—	—	1	6	12	12	—	- 1,27 le 2	+14,89 le 24
Août	—	—	—	—	—	4	15	11	1	—	- 3,38 le 27	+11,98 le 2
Septembre	—	—	—	—	—	3	17	10	—	—	- 2,07 le 8	+ 7,98 le 11
Octobre	—	—	—	—	7	12	11	1	—	—	- 6,63 le 21	+ 5,35 le 4
Novembre	—	—	—	3	13	14	—	—	—	—	-13,90 le 12	- 0,98 le 29
Année	—	2	11	34	92	73	78	57	18	—	-20,90 le 28 décembre 69	+14,89 le 24 juillet.

SAINT-BERNARD 1870

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1869 . .	15	16	7	±5°,61	-12°,45 le 28	+ 9°,07 le 19	±3°,11	- 6°,90 le 19	+ 7°.67 le 29
Janvier 1870	20	14	6	3,78	- 7,06 le 18	+ 5,93 le 8	2,44	- 5,27 le 16	+ 7,05 le 13
Février . . .	11	17	8	2,98	-10,25 le 22	+ 4,32 le 14	3,37	- 7,83 le 21	+12.26 le 22
Mars	15	16	8	4,28	-11,54 le 24	+ 7,90 le 2	3,61	-12.50 le 23	+ 8,14 le 25
Avril	12	18	9	3,49	- 7,56 le 29	+ 7,53 le 19	2,98	- 6,07 le 27	+ 8,12 le 18
Mai	8	23	4	4,69	- 6,67 le 4	+ 8,83 le 22	2,10	- 4,16 le 22	+ 4,54 le 10
Juin.	12	18	9	3,67	- 5,27 le 6	+ 7,41 le 23	2,89	- 9,68 le 24	+ 5,65 le 26
Juillet . . .	8	23	8	4,50	- 6,73 le 2	+ 8,54 le 24	3,28	- 7,56 le 16	+ 6,58 le 4
Août	23	8	10	4,01	- 9.21 le 21	+ 5.58 le 2	2,97	- 6,07 le 2	+ 6,15 le 27
Septembre .	9	21	7	2,45	- 6,49 le 8	+ 3,88 le 11	2,72	- 7,19 le 14	+ 8,45 le 8
Octobre. . .	19	12	9	2,82	- 6.63 le 11	+ 4,60 le 26	3,47	- 7,88 le 26	+ 7,09 le 11
Novembre .	16	14	4	3,61	- 9,25 le 12	+ 5,55 le 29	2,84	-10,03 le 30	+ 4,13 le 2
Année . . .	168	197	89	±3,86	-12,45 le 28 décembre 69.	+ 9,07 le 19 décembre 69.	±2,96	-12,50 le 23 mars.	+12,26 le 22 février.

1870. Température de 5 en 5 jours, à Genève.

Date		Température moy.	Différence avec la formule	Date		Température moy.	Différence avec la formule
1– 5	Janvier	+ 0°,51	+0°,93	30– 4	Juillet	+16°,75	-1°,48
6–10	id.	+ 5,65	(+6,17)	5– 9	id.	+24,54	(+6,66)
11–15	id.	+ 3,44	(+3,96)	10–14	id.	+22,33	(+3,66)
16–20	id.	+ 0,54	+0,98	15–19	id.	+20,79	(+2,01)
21–25	id.	- 3,72	(-3,44)	20–24	id.	+22,86	(+4,05)
26–30	id.	- 4,73	(-4,69)	25–29	id.	+21,85	(+3,08)
31– 4	Février	- 0,86	-1,13	30– 3	Août	+21,01	(+2,36)
5– 9	id.	- 0,42	-1,05	4– 8	id.	+18,04	-0,41
10–14	id.	- 3,91	(-4,97)	9–13	id.	+16,60	-1,58
15–19	id.	+ 0,85	-0,68	14–18	id.	+18,16	+0,31
20–24	id.	- 1,07	(-3,12)	19–23	id.	+14,06	(-3,39)
25– 1	Mars	+ 5,81	(+3,21)	24–28	id.	+14,82	(-2,17)
2– 6	id.	+ 5,70	(+2,52)	29– 2	Septemb.	+15,80	-1,48
7–11	id.	+ 2,36	-1,42	3– 7	id.	+15,87	-0,05
12–16	id.	+ 2,38	(-2,02)	8–12	id.	+15,14	-0,16
17–21	id.	+ 5,88	+0,84	13–17	id.	+13,99	-0,62
22–26	id.	+ 2,87	(-2,82)	18–22	id.	+12,63	-1,32
27–31	id.	+ 2,79	(-3,57)	23–27	id.	+10,99	(-2,22)
1– 5	Avril	+ 5,12	(-1,91)	28– 2	Octobre	+11,66	-0,79
6–10	id.	+10,07	(+2,36)	3– 7	id.	+10,26	-1,39
11–15	id.	+ 8,89	+0,48)	8–12	id.	+10,52	-0,31
16–20	id.	+10,23	+1,13	13–17	id.	+10,33	+0,35
21–25	id.	+13,37	(+3,56)	18–22	id.	+ 8,32	-0,79
26–30	id.	+ 9,07	-1,45	23–27	id.	+10,01	(+1,74)
1– 5	Mai	+ 8,24	(-3,00)	28– 1	Novemb.	+ 8,24	+0,84
6–10	id.	+10,75	-1,20	2– 6	id.	+ 4,60	(-1,94)
11–15	id.	+15,54	(+2,88)	7–11	id.	+ 3,26	(-2,43)
16–20	id.	+19,26	(+5,89)	12–16	id.	+ 3,64	-1,22
21–25	id.	+20,51	(+6,46)	17–21	id.	+ 2,99	-1,07
26–30	id.	+17,52	(+2,80)	22–26	id.	+ 7,23	(+3,92)
31– 4	Juin	+16,83	+1,47	27– 1	Décemb.	+ 4,20	+1,61
5– 9	id.	+14,59	-1,37	2– 6	id.	- 4,74	(-6,68)
10–14	id.	+19,77	(+3,24)	7–11	id.	- 5,16	(-6,51)
15–19	id.	+20,77	(+3,73)	12–16	id.	+ 5,64	(+4,83)
20–24	id.	+22,81	(+5,31)	17–21	id.	+ 5,64	(+5,25)
25–29	id.	+18,00	+0,10	22–26	id.	- 7,52	(-7,55)
				27–31	id.	- 6,43	(-6,19)

GENÈVE, 1870. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Décembre 1869	—13,8	le 30	+13,0	le 19	17	6
Janvier 1870 ..	—11,5	le 29	+13,1	le 8	20	10
Février.......	—14,8	le 23	+12,5	le 28	22	4
Mars.........	— 4,0	le 16	+15,8	le 1	8	0
Avril.........	— 1,4	le 3	+24,0	le 22	3	0
Mai..........	0,0	le 4 et 5	+30,1	le 21	0	0
Juin..........	+ 5,6	le 26	+32,1	le 24	0	0
Juillet........	+ 6,8	le 3	+36,4	le 6	0	0
Août.........	+ 5,9	le 22	+30,1	le 1	0	0
Septembre....	+ 4,3	le 18	+25,2	le 2	0	0
Octobre......	— 0,2	le 12	+21,2	le 7	1	0
Novembre....	— 2,7	le 18	+13,1	le 22	3	0
Année........	—14,8	le 23 févr.	+36,4	le 6 juillet	74	20

Le minimum s'est abaissé le 5 avril pour la dernière fois au-dessous de 0, au printemps, cette date est de seize jours environ plus hâtive que de coutume; mais il y a eu depuis cette date de la gelée blanche à plusieurs reprises, sans que la température minimum de l'air se soit abaissée au-dessous de 0, la dernière gelée blanche a eu lieu le 5 mai. C'est le 12 octobre, soit dix-sept jours plus tôt que de coutume, que le minimum s'est abaissé pour la première fois au-dessous de 0 en automne, la première gelée blanche de la saison a eu lieu le même jour.

Au Saint-Bernard, où l'absence de thermométrographes ne permet pas de noter le maximum et le minimum absolus, mais seulement la plus haute et la plus basse des températures accusées par le thermomètre de 6 heures du matin à 10 heures du soir, on trouve dans

chaque mois des températures au-dessous de 0; dans les mois de janvier et de février, on ne trouve pas une seule fois la température au-dessus de 0. Le petit lac près de l'Hospice a été entièrement débarrassé de la glace de l'hiver le 20 juin, un mois plus tôt que de coutume; la congélation a eu lieu dans la nuit du 11 au 12 octobre, 10 à 12 jours avant l'époque moyenne.

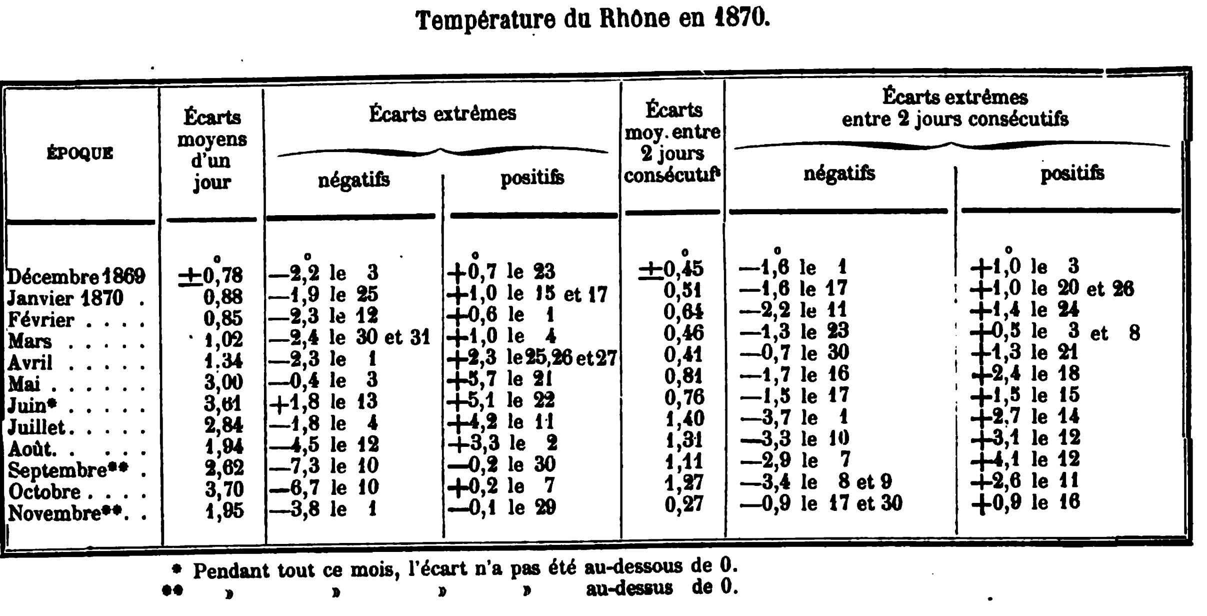
SAINT-BERNARD 1870.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
Déc. 1869	—21°,8	le 29 à 8 h. mat.	+ 4°,5	le 19 à midi.
Janv. 1870	—18,8	le 19 à 6 h. mat.	— 1,3	le 5 à 2 h. soir.
Février. .	—19,9	le 22 à 10 h. soir.	— 0,3	le 25 à 2 h. soir.
Mars . . .	—19,7	le 25 à 6 h. mat.	+ 3,5	le 2 à midi.
Avril . . .	—12,2	le 30 à 6 h. mat.	+ 8,2	le 13 à 8 h. matin midi et 2 h. soir.
Mai. . . .	—10,2	le 4 à 6 h. mat.	+16,2	le 22 à 8 h. mat.
Juin . . .	— 4,6	le 26 à 6 h. mat.	+18,0	le 23 à 2 h. soir.
Juillet . .	— 4,2	le 3 à 6 h. mat.	+18,2	le 24 à 2 h. soir.
Août . . .	— 4,8	le 22 à 6 h. mat.	+16,0	le 2 à midi.
Septembre	— 3,8	le 16 à 6 h. mat.	+10,5	le 11 à 4 h. soir.
Octobre. .	— 9,2	le 12 et le 21 à 6 h. mat.	+ 8,4	le 4 à midi.
Novembre	—16,4	le 12 à 6 h. soir.	+ 4,0	le 29 à midi.
Année . .	—21,8	le 29 déc. 1869 à 8 h. matin.	+18,2	le 24 juillet à 2 h. soir.

Température du Rhône en 1870.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Excédant sur la moyenne 1853 – 1867	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1869 . .	+ 6,49	—0,31	+ 4,9 le 28	+ 7,7 le 1	+5,96
Janvier 1870 . . .	+ 4,92	—0,16	+ 2,8 le 25	+ 6,0 le 3	+4,75
Février	+ 4,47	—0,45	+ 2,5 le 12	+ 5,5 le 28	+4,55
Mars	+ 5,74	—0,33	+ 4,7 le 30	+ 6,8 le 22	+1,96
Avril	+ 9,17	+0,39	+ 5,0 le 1	+11,8 le 26 et 27	—0,29
Mai	+13,49	+2,16	+ 9,7 le 3	+17,8 le 21 et 24	—1,84
Juin	+18,22	+3,20	+15,8 le 6	+20,7 le 22	—0,60
Juillet	+20,13	+2,57	+14,9 le 4	+21,8 le 11, 26 et 27	—1,45
Août	+19,07	+0,48	+14,1 le 12	+21,8 le 2	+2,37
Septembre.	+15,42	—1,58	+10,3 le 10	+17,3 le 2 et 3	+1,60
Octobre	+11,09	—3,16	+ 6,6 le 29	+15,6 le 1 et 3	+1,33
Novembre	+ 8,36	—1,44	+ 7,5 le 18 et 19	+ 9,4 le 7	+3,79
Année.	+11,43	+0,13	+ 2,5 le 12 février.	+21,8 le 11, 26, 27 juillet et 2 août	+1,84

Température du Rhône en 1870.



ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1869	±0°,78	—2°,2 le 3	+0°,7 le 23	±0°,45	—1°,6 le 1	+1°,0 le 3
Janvier 1870 .	0,88	—1,9 le 25	+1,0 le 15 et 17	0,51	—1,6 le 17	+1,0 le 20 et 26
Février	0,85	—2,3 le 12	+0,6 le 1	0,64	—2,2 le 11	+1,4 le 24
Mars	1,02	—2,4 le 30 et 31	+1,0 le 4	0,46	—1,3 le 23	+0,5 le 3 et 8
Avril	1.34	—2,3 le 1	+2,3 le 25,26 et 27	0,41	—0,7 le 30	+1,3 le 21
Mai	3,00	—0,4 le 3	+5,7 le 21	0,81	—1,7 le 16	+2,4 le 18
Juin*	3,61	+1,8 le 13	+5,1 le 22	0,76	—1,5 le 17	+1,5 le 15
Juillet.	2,84	—1,8 le 4	+4,2 le 11	1,40	—3,7 le 1	+2,7 le 14
Août.	1,94	—4,5 le 12	+3,3 le 2	1,31	—3,3 le 10	+3,1 le 12
Septembre** .	2,62	—7,3 le 10	—0,2 le 30	1,11	—2,9 le 7	+4,1 le 12
Octobre	3,70	—6,7 le 10	+0,2 le 7	1,27	—3,4 le 8 et 9	+2,6 le 11
Novembre**. .	1,95	—3,8 le 1	—0,1 le 29	0,27	—0,9 le 17 et 30	+0,9 le 16

* Pendant tout ce mois, l'écart n'a pas été au-dessous de 0.
** » » » » au-dessus de 0.

GENÈVE 1870. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1869	724,31	0,00	-0,27	-0,17	0,00	+0,21	+0,31	+0,21	-0,10	-0,42	-0,19	+0,05	+0,49
Janvier 1870 .	727,98	+0,06	-0,37	-0,35	-0,12	+0,11	+0,30	+0,18	-0,07	-0,28	-0,07	+0,15	+0,49
Février	723,06	+0,34	-0,28	-0,44	-0,16	+0,09	+0,15	-0,05	-0,31	-0,30	+0,05	+0,45	+0,50
Mars	724,36	+0,17	-0,25	-0,48	-0,20	+0,16	+0,26	+0,11	-0,20	-0,29	0,00	+0,33	+0,39
Avril	729,51	+0,05	-0,49	-0,89	-0,77	-0,08	+0,25	+0,19	-0,06	+0,07	+0,53	+0,67	+0,55
Mai	728,42	+0,04	-0,47	-0,89	-0,87	0,33	+0,15	+0,37	+0,28	+0,28	+0,44	+0,57	+0,41
Juin	728,56	-0,09	-0,59	-0,83	-0,73	-0,20	+0,38	+0,38	+0,13	+0,16	+0,48	+0,60	+0,31
Juillet	726,92	-0,04	-0,48	-0,90	-0,96	0,39	+0,07	+0,38	+0,36	+0,37	+0,50	+0,65	+0,43
Août.	725,11	+0,08	-0,28	-0,55	-0,47	+0,07	+0,38	+0,18	-0,18	-0,13	+0,21	+0,34	+0,33
Septembre . .	730,10	+0,08	-0,41	-0,81	-0,71	0,00	+0,42	+0,21	-0,18	-0,10	+0,32	+0,60	+0,58
Octobre	726,30	+0,09	-0,44	-0,72	-0,61	-0,12	+0,24	+0,18	-0,09	-0,03	+0,34	+0,63	+0,56
Novembre . . .	723,86	+0,01	-0,34	-0,25	+0,06	+0,27	+0,39	+0,16	-0,24	-0,48	-0,23	+0,22	+0,43
Hiver	725,19	+0,12	-0,31	-0,32	-0,09	+0,14	+0,25	+0,12	-0,16	-0,34	-0,11	+0,21	+0,49
Printemps. . .	727,41	+0,09	-0,40	-0,75	-0,61	-0,08	+0,22	+0,22	+0,01	+0,02	+0,32	+0,52	+0,45
Été	726,84	-0,02	-0,45	-0,76	-0,72	-0,17	+0,27	+0,31	+0,10	+0,13	+0,40	+0,53	+0,36
Automne . . .	726,75	+0,06	-0,40	-0,59	-0,42	+0,05	+0,35	+0,18	-0,17	-0,20	+0,15	+0,48	+0,52
Année.	726,55	+0,06	-0,39	-0,61	-0,46	-0,02	+0,27	+0,21	-0,05	-0,09	+0,19	+0,44	+0,45

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1870.

	mm	mm °	mm °	mm °
Décembre 1869.	B = 724,31	+0,08 sin (μ +346,0)	+0,33 sin (2 μ +155,0)	+0,11 sin (3 μ +203,2)
Janvier 1870	B = 727,98	+0,07 sin (μ +210,3)	+0,34 sin (2 μ +157,3)	+0,07 sin (3 μ +193,6)
Février	B = 723,06	+0,19 sin (μ +132,9)	+0,38 sin (2 μ +165,7)	+0,03 sin (2 μ +135,0)
Mars.	B = 724,36	+0,10 sin (μ +171,0)	+0,37 sin (2 μ +159,4)	+0,00 sin
Avril	B = 729,51	+0,52 sin (μ +186,6)	+0,42 sin (2 μ +162,0)	+0,09 sin (3 μ + 0,0)
Mai	B = 728,42	+0,62 sin (μ +194,6)	+0,31 sin (2 μ +138,3)	+0,05 sin (3 μ +344,5)
Juin	B = 728,56	+0,55 sin (μ +201,9)	+0,35 sin (2 μ +157,9)	+0,10 sin (3 μ +333,4)
Juillet	B = 726,92	+0,70 sin (μ +193,2)	+0,28 sin (2 μ +137,4)	+0,05 sin (3 μ +323,1)
Août	B = 725,11	+0,22 sin (μ +194,0)	+0,35 sin (2 μ +158,5)	+0,11 sin (3 μ + 3,6)
Septembre.	B = 730,10	+0,40 sin (μ +185,7)	+0,48 sin (2 μ +159,1)	+0,11 sin (3 μ + 0,0)
Octobre.	B = 726,30	+0,44 sin (μ +181,7)	+0,40 sin (2 μ +160,1)	+0,07 sin (3 μ +335,8)
Novembre	B = 723,86	+0,08 sin (μ +347,1)	+0,39 sin (2 μ +166,2)	+0,09 sin (3 μ +215,5)
Hiver	B = 725,19	+0,04 sin (μ +151,8)	+0,34 sin (2 μ +158,8)	+0,07 sin (3 μ +191,5)
Printemps	B = 727,41	+0,41 sin (μ +188,7)	+0,36 sin (2 μ +155,3)	+0,05 sin (3 μ + 6,0)
Été	B = 726,84	+0,49 sin (μ +196,5)	+0,32 sin (2 μ +152,2)	+0,08 sin (3 μ +343,5)
Automne	B = 726,75	+0,25 sin (μ +186,4)	+0,42 sin (2 μ +161,4)	+0,04 sin (3 μ +314,9)
Année	B = 726,55	+0,30 sin (μ +190,1)	+0,36 sin (2 μ +157,2)	+0,03 sin (3 μ +326,7)

SAINT-BERNARD 1870.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1869.	558,30	+0,25	0,00	+0,01	+0,01	+0,16	+0,29	+0,10	-0,26	-0,53	-0,38	-0,01	+0,37
Janvier 1870 . .	560,76	-0,08	-0,11	+0,05	+0,17	+0,26	+0,22	+0,05	-0,16	-0,27	-0,17	-0,11	+0,14
Février	557,78	+0,25	+0,02	+0,03	+0,15	+0,23	+0,17	-0,11	-0,37	-0,44	-0,25	+0,07	+0,26
Mars	558.23	+0,17	+0,03	0,00	+0,07	+0,26	+0,31	+0,03	-0,29	-0,37	-0,23	-0,08	+0,08
Avril	565,20	+0,07	+0,08	+0,06	+0,13	+0,27	+0,38	+0,20	-0,20	-0,46	-0,35	-0,17	+0,01
Mai.	567,53	+0,06	-0,02	-0,04	+0,03	+0,20	+0,37	+0,28	-0,08	-0,36	-0,29	-0,15	+0,02
Juin	568,60	+0,02	+0,06	+0,06	+0,07	+0,26	+0,41	+0,28	-0,11	-0,38	-0,34	-0,24	-0,08
Juillet	569,05	+0,11	+0,10	+0,03	0,00	+0,18	+0,25	+0,09	-0,24	-0,34	-0,19	-0,06	+0,05
Août	565,19	-0,01	+0,05	+0,06	+0,13	+0,37	+0,40	+0,20	-0,21	-0,46	-0,36	-0,17	+0,02
Septembre . . .	568,99	+0,21	+0,12	+0,12	+0,06	+0,23	+0,31	+0,10	-0,37	-0,60	-0,36	-0,02	+0,21
Octobre.	563,64	+0,12	-0,08	-0,09	0,00	+0,06	+0,13	-0,04	-0,24	-0,27	-0,02	+0,15	+0,29
Novembre . . .	560,24	+0,18	+0,02	+0,01	+0,08	+0,14	+0,26	-0,07	-0,39	-0,45	-0,18	+0,10	+0,32
Hiver.	558,99	+0,13	-0,03	+0,03	+0,11	+0,21	+0,23	+0,02	-0,26	-0,41	-0,27	-0,02	+0,26
Printemps . . .	563,64	+0,10	+0,03	0,00	+0,07	+0,24	+0,35	+0,17	-0,19	-0,40	-0,28	-0,13	+0,04
Été	567,60	+0,04	+0,07	+0,06	+0,06	+0,27	+0,36	+0,19	-0,19	-0,39	-0,30	-0,15	0,00
Automne	564,28	+0,17	+0,02	+0,01	+0,05	+0,14	+0,23	-0,01	-0,33	-0,44	-0,18	+0,08	+0,27
Année	563,65	+0,11	+0,02	+0,03	+0,07	+0,22	+0,29	+0,09	-0,24	-0,41	-0,26	-0,06	+0,14

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique obse vée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
Hiver.	166,20	-0,01	-0,28	-0,35	-0,20	-0,07	+0,02	+0,10	+0,10	+0,07	+0,16	+0,23	+0,23
Printemps . . .	163,77	-0,01	-0,43	-0,75	-0,68	-0,32	-0,13	+0,05	+0,20	+0,42	+0,60	+0,65	+0,41
Été	159,24	-0,06	-0,52	-0,82	-0,78	-0,44	-0,09	+0,12	+0,29	+0,52	+0,70	+0,68	+0,36
Automne	162,47	-0,11	-0,42	-0,60	-0,47	-0,09	+0,12	+0,19	+0,16	+0,24	+0,33	+0,40	+0,25
Année	162,90	-0,05	-0,41	-0,64	-0,53	-0,20	-0,02	+0,12	+0,19	+0,32	+0,45	+0,50	+0,31

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1870

	mm	mm °	mm °	mm °
Décembre 1869.	B = 558,30	+0,21 sin (μ + 31,5)	+0,29 sin (2 μ +142,0)	+0,04 sin (3 μ +225,0)
Janvier 1870 . .	B = 560,76	+0,17 sin (μ +350,0)	+0,14 sin (2 μ +175,9)	+0,02 sin (3 μ +206,6)
Février	B = 557,78	+0,24 sin (μ + 40,5)	+0,22 sin (2 μ +165,7)	+0,02 sin (3 μ +151,9)
Mars	B = 558,23	+0,20 sin (μ + 11,3)	+0,19 sin (2 μ +153,3)	+0,05 sin (3 μ + 21,8)
Avril	B = 565,20	+0,28 sin (μ +354,2)	+0,20 sin (2 μ +137,6)	+0,05 sin (3 μ +300,8)
Mai	B = 567,53	+0,21 sin (μ +337,2)	+0,21 sin (2 μ +131,2)	+0,04 sin (3 μ +288,0)
Juin	B = 568,60	+0,28 sin (μ +340,3)	+0,18 sin (2 μ +125,7)	+0,05 sin (3 μ +317,2)
Juillet	B = 569,05	+0,17 sin (μ + 10,2)	+0,16 sin (2 μ +143,5)	+0,07 sin (3 μ +342,9)
Août	B = 565,19	+0,29 sin (μ +349,6)	+0,20 sin (2 μ +147,1)	+0,04 sin (3 μ +299,7)
Septembre . . .	B = 568,99	+0,28 sin (μ + 23,9)	+0,26 sin (2 μ +144,8)	+0,07 sin (3 μ +295,8)
Octobre	B = 563,64	+0,10 sin (μ + 81,5)	+0,20 sin (2 μ +168,1)	+0,02 sin (3 μ +270,0)
Novembre . . .	B = 560,24	+0,21 sin (μ + 46,4)	+0,24 sin (2 μ +164,9)	+0,02 sin (3 μ +306,9)
Hiver	B = 558,99	+0,19 sin (μ + 23,2)	+0,21 sin (2 μ +157,1)	+0,03 sin (3 μ +207,5)
Printemps . . .	B = 563,64	+0,22 sin (μ +353,9)	+0,20 sin (2 μ +141,1)	+0,03 sin (3 μ +331,9)
Été	B = 567,60	+0,24 sin (μ +351,1)	+0,18 sin (2 μ +139,3)	+0,05 sin (3 μ +325,0)
Automne	B = 564,28	+0,18 sin (μ + 40,9)	+0,23 sin (2 μ +158,8)	+0,04 sin (3 μ +290,5)
Année	B = 563,65	+0,19 sin (μ + 9,6)	+0,20 sin (2 μ +149,6)	+0,03 sin (3 μ +300,0)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes que j'ai déduites pour Genève des 32 années 1836-67, et pour le Saint-Bernard, des 22 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1869	—4,12	—4,02	—0.10
Janvier 1870. .	+0,75	+0,27	+0,48
Février.	—3,40	—2,46	—0,94
Mars.	—0,57	—1,48	+0,91
Avril.	+4,97	+3,57	+1,40
Mai	+3,34	+3,69	—0,35
Juin	+1,43	+1,49	—0,06
Juillet	—0,84	+0,57	—1,41
Août.	—2,54	—3,21	+0,67
Septembre . . .	+2,54	+1,54	+1.00
Octobre	—0,22	—0,96	+0.74
Novembre . . .	—2,12	—1,79	—0,33
Année	—0,06	—0,23	+0.17

Dans les deux stations, la pression atmosphérique de l'année s'écarte fort peu de la moyenne, elle a été légèrement plus faible. A Genève, les écarts négatifs des mois de décembre, août et novembre, et les écarts positifs des mois d'avril, mai et septembre dépassent notablement les limites des écarts probables. Au mois d'avril, le baromètre a été relativement plus élevé à Genève qu'au St.-Bernard de $1^{mm},40$, et plus bas de la même quantité à peu près au mois de juillet. Avec les données suivantes pour l'année 1870 : $726^{mm},55$ et $563^{mm},65$ pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations, $+9°,59$ et $-1°,80$ pour la température moyenne, 0,73 et 0,76 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques $2069^{m},8$ pour la différence d'altitude des deux stations; le nivellement direct a donné $2070^{m},3$.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la hauteur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère enfin les maxima et les minima absolus observés dans chaque mois.

GENÈVE 1870

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1869	20	11	8	±7,64	-16,74 le 22	+ 9,00 le 6	±4,98	- 9,52 le 30	+12,24 le 28
Janv. 1870	17	14	9	2,95	- 5,24 le 10	+ 6,02 le 30	2,59	- 4,58 le 18	+ 5,33 le 10
Février	25	3	4	5,00	- 9,09 le 9	+ 7,27 le 1	3,06	- 5,75 le 7	+ 5,24 le 5
Mars	19	12	6	3,65	- 6,55 le 13	+ 6,88 le 21	3,13	- 6,23 le 2	+ 7,19 le 13
Avril	4	26	3	6,48	- 3,68 le 29	+10,27 le 5	2,61	- 5,47 le 26	+ 4,49 le 9
Mai	5	26	3	4,26	- 2,83 le 11	+ 8,40 le 18	2,19	- 3,49 le 9	+ 5,87 le 16
Juin	8	22	6	3,37	- 4,86 le 10	+ 6,43 le 12	2,48	- 3,68 le 23	+ 7,16 le 10
Juillet	19	12	7	2,82	- 6,71 le 11	+ 4,21 le 5	1,84	- 5,49 le 10	+ 2,95 le 4
Août	27	4	4	3,79	- 8,87 le 19	+ 1,81 le 22	2,40	- 3,89 le 22	+ 6,11 le 19
Septembre	5	25	5	4,85	- 8,10 le 7	+ 8,56 le 24	3,11	- 6,06 le 5	+ 8,52 le 7
Octobre	16	15	13	6,39	-13,80 le 9	+10,66 le 1	4,64	-11,02 le 22	+10,21 le 10
Novembre	20	10	3	6,29	-14,30 le 11	+ 6,66 le 5	3,14	-11,06 le 9	+ 6,19 le 11
Année	185	180	71	±4,96	-16,74 le 22 décembre	+10,66 le 1 octobre	±3,10	-11,06 le 9 novembre	+12,24 le 28 décembre

SAINT-BERNARD 1870

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1869.	20	11	8	±8,13	-17,63 le 26	+10,04 le 6	±4,39	- 5,57 le 21	+10,63 le 28
Janv. 1870.	18	13	5	3,10	- 5,10 le 25	+ 5,71 le 5	2,32	- 3,80 le 9	+ 4,08 le 3
Février . .	20	8	2	4,68	-10,89 le 22	+ 6,54 le 1	2,[illegible]5	- 5,64 le 7	+ 7,18 le 22
Mars. . . .	20	11	3	4,46	- 8,24 le 24	+ 6,92 le 1	2,69	- 6,62 le 22	+ 5,38 le 14
Avril. . . .	6	24	4	5,56	- 7,77 le 29	+ 9,01 le 22	2,50	- 5,69 le 26	+ 3,67 le 2
Mai	7	24	4	5,29	- 4,57 le 2	+10,67 le 19	2,03	- 4,24 le 9	+ 4,26 le 12
Juin	12	18	7	3,71	- 4,11 le 10	+ 6,27 le 13	2,07	- 3,28 le 4	+ 5,58 le 10
Juillet . . .	13	18	7	2,81	- 3,79 le 28	+ 5,49 le 5	1,91	- 4,21 le 1	+ 4,58 le 4
Août. . . .	30	1	2	3,62	- 8,27 le 19	+ 0,12 le 2	1,76	- 3,63 le 2	+ 3,56 le 9
Septembre.	8	22	5	3,17	- 4,37 le 7	+ 5,90 le 24	1,98	- 4,12 le 6	+ 4,27 le 8
Octobre . .	19	12	9	5,29	-10,81 le 24	+ 8,38 le 4	3,68	- 7,11 le 8	+ 6,48 le 24
Novembre .	20	10	4	5,82	-15,21 le 11	+ 4,58 le 28	2,95	- 7,92 le 9	+ 4,18 le 17
Année . . .	193	172	60	±4,31	-17,63 le 26 décembre 69.	+10,67 le 19 mai.	±2,66	- 7,92 le 9 novembre.	+10,63 le 28 décembre 69.

GENÈVE 1870.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1869.	710,28	le 22	737,98	le 30	27,70
Janv. 1870.	722,03	le 10	734,12	le 30	12,09
Février . .	714,56	le 21	735,10	le 1	20,54
Mars . . .	717,26	le 13	732,46	le 21	15,20
Avril . . .	720,21	le 9	735,92	le 5	15,71
Mai	720,81	le 11	734,89	le 18	14,08
Juin. . . .	721,14	le 10	733,64	le 12	12,50
Juillet. . .	718,35	le 11	732,87	le 5	14,52
Août . . .	718,76	le 19	731,63	le 21	12,87
Septembre.	716,15	le 7	736,32	le 17	20,17
Octobre. .	710,01	le 9	730,62	le 4	20,61
Novembre.	708,75	le 10	733,79	le 4	25,04
Année . . .	708,75	le 10 nov.	737,98	le 30 déc.	29,23

SAINT-BERNARD 1870.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1869.	543,55	le 26	572,41	le 6	28,86
Janv. 1870.	554,97	le 25	567,72	le 4	12,75
Février . .	543,28	le 22	567,37	le 1	24,09
Mars . . .	551,05	le 24	567,42	le 1	16,37
Avril . . .	554,15	le 29	571,17	le 22	17,02
Mai	557,59	le 2	576,05	le 18	18,46
Juin. . . .	561,56	le 10	574,05	le 20	12,49
Juillet. . .	564,17	le 2	574,16	le 5	9,99
Août . . .	560,04	le 27	569,52	le 2	9,48
Septembre.	560,66	le 7	573,17	le 24	12,51
Octobre. .	551,95	le 24	574,55	le 1	22,60
Novembre.	546,99	le 11	567,70	le 5	20,71
Année. . .	543,28	le 22 février.	576,05	le 18 mai.	32,77

GENÈVE 1870. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne des 24 h.	TENSION Minimum absolu	TENSION Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1869.	4,31	4,33	4,30	4,22	4,20	4,26	4,07	4,12	4,31	4,20	1, 2	7,66
Janvier 1870 . .	3,97	4,01	4,05	3,96	3,89	3,84	3,85	3,76	3,81	3,88	1,90	7,01
Février	4,13	4,19	4,21	4,20	4,14	4,13	3,70	3,78	4,01	4,03	1,56	6,37
Mars	4,59	4,53	4,58	4,53	4,52	4,55	4,46	4,46	4,51	4,47	2,38	7,83
Avril	5,18	5,02	4,78	4,99	5,29	5,26	5,19	5,42	5,32	5,11	2,79	9,67
Mai.	8,02	8,00	8,03	8,00	8,56	8,41	8,12	8,42	8,11	8,16	3,54	14,36
Juin	8,50	8,32	7,94	8,76	9,27	9,11	8,68	8,85	8,67	8,64	3,56	13,14
Juillet	10,47	10,58	10,22	11,02	11,69	11,85	11,23	10,88	10,95	10,94	5,72	16,68
Août	9,66	9,50	9,38	10,18	10,39	10,21	9,81	10,07	9,89	9,78	4,98	14,44
Septembre . . .	8,73	8,90	8,90	9,51	9,14	8,93	8,25	8,85	9,00	8,75	5,13	12,85
Octobre.	7,10	7,07	7,33	7,48	7,45	7,35	6,49	6,86	7,34	7,03	4,06	10,93
Novembre . . .	5,55	5,58	5,57	5,60	5,51	5,48	5,22	5,16	5,37	5,42	3,12	8,45
Hiver.	4,14	4,18	4,19	4,12	4,08	4,08	3,88	3,89	4,04	4,04	1,32	7,66
Printemps . . .	5,94	5,86	5,81	5,85	6,13	6,09	5,91	6,11	5,99	5,92	2,38	14,36
Été	9,55	9,48	9,20	10,00	10,46	10,41	9,92	9,95	9,85	9,80	3,56	16,68
Automne	7,13	7,18	7,27	7,53	7,37	7,25	6,65	6,95	7,24	7,07	3,12	12,85
Année	6,70	6,69	6,63	6,89	7,03	6,97	6,61	6,74	6,79	6,72	1,32	16,68

GENÈVE 1870. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1869 .	803	791	823	851	858	879	889	890	887	898	905	872	862	440	1000, 31 fois
Janvier 1870	750	717	749	785	813	841	866	886	897	892	868	799	822	460	1000, 37 »
Février. . .	744	733	746	799	866	928	953	945	945	946	941	841	866	450	1000, 32 »
Mars	669	634	642	683	714	754	794	841	869	846	796	709	746	450	1000, 31 »
Avril	480	440	404	467	568	616	672	765	836	791	651	548	603	159	1000, 1 »
Mai	494	455	455	497	613	682	738	795	837	791	668	545	631	240	960
Juin	423	390	365	455	548	610	658	724	759	697	578	488	558	150	1000, 1 »
Juillet . . .	451	435	424	502	590	655	702	764	802	757	612	533	602	190	960
Août	575	531	512	619	711	760	797	855	892	851	728	642	706	310	1000, 4 »
Septembre .	623	603	583	674	747	807	851	901	926	883	797	700	758	310	1000, 2 »
Octobre . .	684	647	686	743	813	842	865	883	890	867	839	745	792	330	1000, 14 »
Novembre .	815	814	814	851	853	870	878	892	894	876	851	827	853	480	1000, 39 »
Hiver. . . .	766	748	775	812	845	881	901	907	909	911	903	837	849	440	1000, 100 fois
Printemps .	548	511	502	550	632	685	735	801	848	809	706	601	661	159	1000, 33 »
Été	484	453	434	526	617	676	720	782	818	769	640	550	623	150	1000, 5 »
Automne . .	707	687	694	756	804	840	865	892	904	875	829	757	801	310	1000, 55 »
Année . . .	625	599	600	660	724	770	804	845	869	841	769	687	733	150	1000, 193 fois

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — GENÈVE 1870.

Décembre 1869	$H = 862 + 44 \sin(\mu + 223{,}6^\circ) + 22 \sin(2\mu + 218{,}7^\circ) + 12 \sin(3\mu + 234{,}8^\circ)$
Janvier 1870 .	$H = 822 + 82 \sin(\mu + 225{,}0) + 20 \sin(2\mu + 238{,}8) + 5 \sin(3\mu + 229{,}9)$
Février. . . .	$H = 866 + 116 \sin(\mu + 229{,}5) + 32 \sin(2\mu + 205{,}2) + 13 \sin(3\mu + 286{,}7)$
Mars	$H = 746 + 110 \sin(\mu + 219{,}1) + 18 \sin(2\mu + 276{,}3) + 3 \sin(3\mu + 84{,}8)$
Avril	$H = 603 + 190 \sin(\mu + 218{,}4) + 26 \sin(2\mu + 290{,}2) + 27 \sin(3\mu + 68{,}2)$
Mai.	$H = 631 + 188 \sin(\mu + 226{,}7) + 17 \sin(2\mu + 286{,}7) + 20 \sin(3\mu + 40{,}9)$
Juin	$H = 558 + 180 \sin(\mu + 228{,}7) + 14 \sin(2\mu + 278{,}1) + 22 \sin(3\mu + 76{,}8)$
Juillet	$H = 602 + 180 \sin(\mu + 229{,}6) + 21 \sin(2\mu + 281{,}4) + 19 \sin(3\mu + 62{,}5)$
Août	$H = 706 + 173 \sin(\mu + 229{,}6) + 21 \sin(2\mu + 247{,}2) + 22 \sin(3\mu + 79{,}4)$
Septembre . .	$H = 758 + 162 \sin(\mu + 228{,}4) + 18 \sin(2\mu + 253{,}6) + 11 \sin(3\mu + 77{,}9)$
Octobre . . .	$H = 792 + 114 \sin(\mu + 234{,}6) + 27 \sin(2\mu + 227{,}2) + 3 \sin(3\mu + 180{,}0)$
Novembre . .	$H = 853 + 39 \sin(\mu + 242{,}0) + 7 \sin(2\mu + 284{,}9) + 3 \sin(3\mu + 110{,}6)$
Hiver	$H = 849 + 79 \sin(\mu + 227{,}2) + 23 \sin(2\mu + 217{,}5) + 10 \sin(3\mu + 254{,}2)$
Printemps . .	$H = 661 + 162 \sin(\mu + 221{,}7) + 20 \sin(2\mu + 284{,}8) + 17 \sin(3\mu + 58{,}0)$
Été.	$H = 623 + 178 \sin(\mu + 229{,}1) + 19 \sin(2\mu + 269{,}7) + 22 \sin(3\mu + 74{,}3)$
Automne. . .	$H = 801 + 105 \sin(\mu + 232{,}4) + 16 \sin(2\mu + 242{,}6) + 5 \sin(3\mu + 94{,}7)$
Année	$H = 733 + 131 \sin(\mu + 227{,}0) + 18 \sin(2\mu + 253{,}0) + 8 \sin(3\mu + 68{,}7)$

Si l'on compare l'année 1870 avec la moyenne des 20 années 1848-67, on trouve les écarts suivants pour la tension de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes, et pour le nombre de cas de saturation.

	ÉCARTS.		
	Tension moyenne.	Fraction de saturation.	Cas de saturation.
	mm		
Décembre 1869 .	—0,02	— 10	—10
Janvier 1870 . .	—0,24	— 40	+ 3
Février	—0,32	+ 45	+13
Mars	—0,22	— 15	+22
Avril	—0,96	—105	— 3
Mai	+0,32	— 83	— 5
Juin	—1,30	—149	— 1
Juillet	+0,36	— 76	— 2
Août	—0,82	— 2	+ 2
Septembre. . . .	—0,76	— 21	— 4
Octobre	—0,76	— 45	— 7
Novembre. . . .	+0,09	+ 17	+22
Hiver	—0,19	— 3	+ 6
Printemps	—0,28	— 67	+14
Été	—0,58	— 75	— 1
Automne	—0,48	— 17	+11
Année.	—0,38	— 41	+30

Dans presque tous les mois, la tension de la vapeur a été plus faible que de coutume, aussi bien que la fraction moyenne de saturation, et au point de vue de l'état hygrométrique, le caractère de sécheresse se maintient pour toutes les saisons et pour l'année entière. Depuis 1848, on ne trouve pas d'année dans laquelle la fraction moyenne de saturation ait été plus faible qu'en 1870; on trouve néanmoins un excédant dans le nombre des cas de saturation.

Vents observés à Genève, dans l'année 1870.

	Décemb. 1869.	Janvier 1870.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme	1	8	17	8	6	15	13	5	6	8	7	15	109
N. . .	12	29	45	126	139	118	104	95	88	90	39	71	956
NNE .	43	142	38	152	90	29	90	94	33	69	16	39	835
NE. .	14	32	16	26	12	10	8	11	14	10	1	28	182
ENE .	2	1	4	2	2	1	0	1	6	0	3	3	25
E. . .	14	10	10	0	5	6	5	7	4	4	2	10	77
ESE .	3	2	3	1	0	2	0	0	5	0	0	4	20
SE. .	19	5	1	5	5	5	0	5	7	5	6	17	80
SSE. .	22	3	6	4	2	6	5	1	9	3	3	7	71
S. . .	74	42	35	20	14	17	8	23	27	34	36	33	363
SSO. .	54	52	33	16	21	39	25	40	42	39	122	35	518
SO. .	26	25	36	18	19	18	13	12	26	34	74	36	337
OSO. .	10	5	4	3	9	11	14	10	5	11	20	8	110
O . .	16	10	9	5	6	8	8	8	15	6	20	16	127
ONO .	1	4	0	0	1	1	1	2	4	0	0	1	15
NO. .	6	3	2	4	4	7	8	4	4	3	3	7	55
NNO .	3	3	6	7	4	9	14	14	11	2	4	6	83

	RAPPORT. Vents. NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	RÉSULTANTE. Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1869 .	0,47	S 1,9° O	39,9	0,4
Janvier 1870. . .	1,60	N 25,8 E	29,0	2,9
Février	0,97	N 89,8 O	3,6	6,7
Mars	4,93	N 12,3 E	88,0	2,9
Avril	3,59	N 4,1 E	67,8	2,2
Mai	1,76	N 14,6 O	31,9	5,4
Juin.	3,04	N 1,3 O	56,8	4,8
Juillet.	2,24	N 2,0 E	46,6	1,8
Août	1,26	N 24,2 O	17,3	2,1
Septembre . . .	1,39	N 14,7 O	23,1	3,0
Octobre	0,22	S 38,8 O	71,0	2,5
Novembre. . . .	1,18	N 10,3 O	9,4	5,6
Année	1,43	N 7,7 O	22,6	3,3

La comparaison de ces chiffres avec ceux déduits d'une longue série d'années montre une prépondérance des vents du nord et du nord-est plus grande que de coutume en 1870, surtout dans les mois de mars, avril, juin et juillet. Si l'on compare la fréquence relative des vents du nord, du nord-nord-est et du nord-est avec ceux du sud, du sud-sud-ouest et du sud-ouest, en réduisant les chiffres du tableau précédent, se rapportant à 3285 observations, au chiffre proportionnel de 1000, on trouve :

	1870.	Moyenne.	1870-Moyenne.		1870.	Moyenne.	1870-Moyenne.
N.	291	273	+18	S.	110	116	— 6
NNE.	254	216	+38	SSO.	158	194	—36
NE.	55	38	+17	SO.	103	125	—22
Pour les 3 directions N à NE			+73	Pour les 3 directions S à SO			—64

Ainsi, une augmentation notable des vents du nord et du nord-est et une diminution presque égale des vents du sud ou du sud-ouest. On trouve pour le nombre de jours de forte bise, ou de fort vent du sud dans les différents mois de l'année les valeurs suivantes. Le nombre total de jours de forte bise dépasse sensiblement le chiffre moyen, qui est de 45 ; par contre, le nombre de jours de fort vent du sud est très-inférieur au chiffre moyen qui est 54.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1869 . .	2	3
Janvier 1870. . . .	8	1
Février.	2	1
Mars	12	0
Avril	8	0
Mai	3	2
Juin	6	1
Juillet	4	0
Août	3	1
Septembre	4	2
Octobre	0	12
Novembre	5	2
Année	57	25

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1870 sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1869.	174	137	1,27	N 45° E	13,3	14,3
Janv. 1870.	168	103	1,63	N 45 E	23,3	10,7
Février . .	95	179	0,53	S 45 O	33,3	10,7
Mars. . . .	250	67	3,73	N 45 E	65,6	7,2
Avril . . .	198	66	3,00	N 45 E	48,9	12,6
Mai	162	68	2,38	N 45 E	33,7	21,4
Juin. . . .	209	40	5,22	N 45 E	62,6	10,0
Juillet . . .	201	45	4,47	N 45 E	55,9	18,6
Août . . .	241	35	6,89	N 45 E	73,8	11,9
Septembre.	171	104	1,64	N 45 E	24,8	6,3
Octobre . .	207	83	2,49	N 45 E	44,4	11,8
Novembre.	118	180	0,66	S 45 O	23,0	17,8
Année. . .	2194	1107	1,98	N 45 E	33,1	12,8

Pluie ou neige, dans l'année 1870.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.
		mm			mm	
Décemb. 1869.	14	54,4	61	11	66,4	66
Janvier 1870 .	9	15,8	33	2	16,0	16
Février	9	31,1	62	4	19,6	16
Mars	8	32,5	38	4	24,6	23
Avril	3	10,1	12	2	11,7	6
Mai	9	21,1	30	7	34,0	35
Juin.	5	14,3	11	7	30,5	26
Juillet.	8	61,9	25	8	151,9	31
Août	12	105,5	62	15	131,5	78
Septembre. . .	8	59,6	27	6	88,1	28
Octobre	18	197,3	148	14	241,9	150
Novembre. . .	14	128,0	106	14	129,3	122
Hiver	32	101,3	156	17	102,0	98
Printemps. . .	20	63,7	80	13	70,3	64
Été	25	181,7	98	30	313,9	135
Automne . . .	40	384,9	281	34	459,3	300
Année.	117	731,6	615	94	945,5	597

Il n'est tombé que fort peu de neige, à Genève, dans les mois de décembre et janvier, savoir 49^{mm} en décembre en deux jours, et 2^{mm} seulement en janvier dans un jour; par contre, au mois de février il y a eu du 7 au 21, cinq jours de neige, qui ont donné pour hauteur totale de la couche 360^{mm}. En automne, il n'y a eu de neige qu'un seul jour, le 12 novembre, encore fondait-elle en tombant sans rester sur le sol.

La comparaison de l'année 1870 avec la moyenne des 42 années 1826-67 pour Genève, et celle des 27 années 1841-67 pour le Saint-Bernard, donne les différences suivantes pour le nombre de jours de pluie ou de neige, et pour la quantité d'eau tombée:

	GENÈVE		St.-BERNARD	
	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
		mm		mm
Décembre 1869	+ 5	+ 4,5	+ 3	− 6,7
Janvier 1870 ..	− 1	− 33,1	− 9	−113,1
Février	+ 1	− 6,5	− 5	− 74,0
Mars.........	− 2	− 16,0	− 7	− 72,3
Avril.........	− 8	− 48,3	− 9	−108,4
Mai..........	− 3	− 60,8	− 4	− 86,1
Juin	− 6	− 63,3	− 3	− 70,9
Juillet	− 1	− 5,6	− 1	+ 76,8
Août.........	+ 2	+ 24,4	+ 6	+ 45,7
Septembre ...	− 3	− 41,1	− 3	− 27,9
Octobre	+ 7	+ 99,4	+ 4	+ 99,6
Novembre	+ 4	+ 54,2	+ 4	+ 30,7
Hiver	+ 5	− 35,1	−11	−193,8
Printemps....	−13	−125,1	−20	−266,7
Été..........	− 5	− 44,5	+ 2	+ 51,6
Automne.....	+ 8	+112,5	+ 5	+102,4
Année	− 5	− 92,2	−24	−306,5

Ainsi la période de sécheresse, qui durait depuis le mois de juin 1867, avec une courte interruption dans l'hiver 1869, s'est prolongée jusqu'au mois d'octobre 1871; le déficit des dix premiers mois, jusqu'à la fin de septembre, s'élève à près de 246^{mm}, ce déficit a été atténué par l'excédant des mois d'octobre et de novembre.

J'ai relevé dans le tableau suivant, pour chaque mois, les périodes de sécheresse, ou de jours consécutifs sans pluie, et les périodes pluvieuses, ou de jours de pluie consécutifs. Je donne également le nombre de jours où la quantité d'eau tombée dans 24 heures a été faible, au-dessous d'un millimètre, ou très-faible, au-dessous d'un quart de millimètre; enfin la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures, et le nombre de jours où cette quantité a atteint trois centimètres.

(*Voir le tableau ci-contre.*)

La plus longue période de jours consécutifs sans pluie a été de 22 jours, du 16 septembre au 7 octobre, elle est plutôt au-dessous de la moyenne. La plus longue période de jours consécutifs de pluie a été de 10 jours, du 23 octobre au 1er novembre; le chiffre moyen pour une année est de 8 jours. Par contre, dans les mois de mars, avril, mai, juin et juillet, il n'y a pas eu plus de deux jours de pluie consécutifs; en avril et juin, la pluie n'a duré qu'un seul jour. Dans les mois de janvier, avril et juin, la quantité maximum d'eau tombée dans vingt-quatre heures est très-faible; celle tombée le 9 octobre est considérable, il est tombé ce jour-là une quantité d'eau plus grande que la somme totale du mois en décembre, janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet et septembre.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le ta-

	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm,0.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm,25.	Pluie dans 24 heures maximum.	Pluie dans 24 heures dépassant 3cm
					mm	
Décembre 1869	5 jours (27-31)	3 jours	5	-	17,6 le 8	-
Janvier 1870..	21 » (17-6 févr.)	4 » (6- 9)	3	1	3,8 le 12	-
Février	9 » (23-3 mars)	3 »	1	-	10,4 le 7	-
Mars	17 » (24-9 avril)	2 »	5	1	19,6 le 17	-
Avril	12 » (11-22)	1 »	1	-	6,3 le 23	-
Mai	7 » (15-21)	2 »	5	2	12,2 le 2	-
Juin	7 » (1- 7)	1 »	2	1	8,0 le 8	-
Juillet	10 » (17-26)	2 »	4	1	25,4 le 8	-
Août	5 » (24-28)	5 » (8-12)	3	1	33,7 le 8	1
Septembre....	22 » (16 sept.-7 oct.)	6 » (6-11)	4	1	27,4 le 7	-
Octobre......	2 »	10 » (23- 1 nov.)	-	-	62,6 le 9	1
Novembre	8 » (2- 9)	5 » (12-16 et 19-23)	2	2	36,6 le 21	1
Année	22 jours (du 16 sept. au 7 octob.)	10 jours (du 23 octob. au 1er nov.)	35	10	62,6 le 9 oct.	3

bleau suivant, qui fait ressortir d'une manière plus claire la distribution de la pluie. Ce tableau fait connaître, pour les deux stations, la durée relative de la pluie obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures contenues dans la période; le nombre moyen d'heures pendant lequel il a plu un jour de pluie; enfin la quantité moyenne d'eau tombée par heure.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
			mm			mm
Déc. 1869.	0,082	4,36	0,89	0,089	6,00	1,01
Janv. 1870.	0,044	3,67	0,48	0,022	8,00	1,00
Février. . .	0,092	6,89	0,50	0,024	4,00	1,22
Mars. . . .	0,051	4,75	0,86	0,031	5,75	1,07
Avril. . . .	0,017	4,00	0,84	0,008	3,00	1,95
Mai	0,040	3,33	0,70	0,047	5,00	0,97
Juin. . . .	0,015	2,22	1,30	0,036	3,71	1,17
Juillet . . .	0,034	3,12	2,48	0,042	3,87	4,90
Août. . . .	0,083	5,17	1,70	0,105	5,20	1,69
Septembre.	0,037	3,37	2,21	0,039	4,67	3,15
Octobre . .	0,199	8,22	1,33	0,202	10,71	1,61
Novembre .	0,147	7,57	1,21	0,169	8,71	1,06
Hiver. . . .	0,072	4,88	0,65	0,045	5,76	1,04
Printemps .	0,036	4,00	0,80	0,029	4,92	1,10
Été	0,044	3,92	1,85	0,061	4,50	2,33
Automne. .	0,129	7,02	1,37	0,137	8,82	1,53
Année . . .	0,070	5,26	1,19	0,068	6,35	1,56

Au Saint-Bernard, le déficit dans la quantité d'eau tombée dans l'année est très-considérable, surtout en hiver et au printemps; il est tombé de la neige dans tous les mois de l'année, sauf au mois de septembre; mais la hauteur totale de la couche tombée dans le courant de l'année, $4^m,141$, n'atteint pas la moitié de celle qui tombe ordinairement.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1870.

	millimètres.
Décembre 1869. . . .	545
Janvier 1870	195
Février.	215
Mars	154
Avril	60
Mai.	92
Juin	80
Juillet.	30
Août	115
Septembre	0
Octobre.	1452
Novembre	1203
Année	4141

Le nombre de jours où l'on a entendu le tonnerre, à Genève, s'élève à 23 dans le courant de l'année, répartis comme suit dans les différents mois; les détails sur les orages se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1869. . . .	0	0
Janvier 1870.	0	0
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	0	0
Mai	4	2
Juin	5	1
Juillet	5	4
Août.	4	2
Septembre	4	0
Octobre.	1	1
Novembre.	0	0
Année.	23	10

Voici enfin le nombre de jours, où l'on a observé des halos, ou des couronnes autour du soleil, ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire.
Décembre 1869. .	4	1	1	1
Janvier 1870 . . .	0	0	1	3
Février	2	1	0	1
Mars	4	0	1	3
Avril	1	1	1	1
Mai	6	0	0	2
Juin.	0	0	0	1
Juillet.	0	0	0	0
Août	3	0	0	0
Septembre.	2	0	0	1
Octobre	1	0	1	0
Novembre	0	0	0	0
Année.	23	3	5	13

État du ciel.

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts.	Clarté moyenne.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts.	Clarté moyenne
Déc. 1869.	1	2	3	25	0,84	4	3	4	20	0,74
Janv. 1870.	3	7	4	17	0,70	13	5	7	6	0,40
Février...	3	4	2	19	0,74	5	5	9	9	0,60
Mars.....	2	4	8	17	0,73	7	4	10	10	0,55
Avril......	16	4	4	6	0,34	12	3	4	11	0,46
Mai.......	7	13	7	4	0,44	5	10	8	8	0,50
Juin	11	10	7	2	0,37	6	7	5	12	0,55
Juillet.....	13	6	8	4	0,40	8	7	4	12	0,54
Août......	3	12	6	10	0,58	2	4	7	18	0,72
Septembre.	12	4	6	8	0,47	7	9	6	8	0,49
Octobre ...	6	4	3	18	0,67	10	1	5	15	0,60
Novembre .	0	0	5	25	0,89	10	0	7	13	0,57
Hiver.	7	13	9	61	0,760	22	13	20	35	0,576
Printemps.	25	21	19	27	0,503	24	17	22	29	0,505
Été.......	27	28	21	16	0,448	16	18	16	42	0,602
Automne ..	18	8	14	51	0,676	27	10	18	36	0,557
Année.....	77	70	63	155	0,596	89	58	76	142	0,559

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant

un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours clairs, peu nuageux, très-nuageux ou couverts, selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives 0,0 et 0,25 ; 0,25 et 0,50 ; 0,50 et 0,75 ; 0,75 et 1,00.

A Genève, la nébulosité a été un peu plus faible que de coutume, ce qui tient à la plus grande clarté du ciel au printemps dans les mois d'avril et de mai, car les autres saisons s'écartent peu de la moyenne.

Voici enfin le nombre des jours de brouillard à Genève dans l'année 1870.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1869. . .	6	3	9
Janvier 1870. . . .	4	0	4
Février.	3	1	4
Mars.	0	1	1
Avril.	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août	0	0	0
Septembre	0	3	3
Octobre	0	5	5
Novembre	5	2	7
Année	18	15	33

D'avril à août il n'y a pas eu de brouillard.

SUR

LA DÉTENTE DES GAZ

PAR

M. V. REGNAULT

(*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome XXXVII, 1870, p. 579 [1]).

Ce mémoire est consacré à la description et à la discussion de nombreuses expériences entreprises par M. V. Regnault dès 1854 pour déterminer les effets thermiques qui accompagnent les variations de pression des gaz.

Les expériences dont il s'agit se classent en deux catégories dont la distinction est suffisamment établie par l'exposé qui va suivre.

Première catégorie d'expériences.

L'appareil dont M. Regnault s'est servi, avec un grand nombre de variantes, n'est qu'une transformation de celui qu'il avait employé pour mesurer les chaleurs spécifiques des gaz sous pression constante.

Un réservoir métallique contenant le gaz comprimé porte une tubulure à laquelle s'adapte un des bouts d'un serpentin qui est plongée dans une grande cuve d'eau maintenue à une température constante. L'autre bout du serpentin débouche dans un calorimètre dit à *boîtes superposées*. Si on ouvre la communication avec le réservoir, le gaz comprimé s'en échappe, acquiert, en traver-

[1] Cet article fait suite à celui que nous avons publié dans le numéro d'octobre 1871, p. 147.

sant le serpentin, la température T de celui-ci, traverse ensuite le calorimètre avec lequel il se met en équilibre de température, et ressort dans l'atmosphère. Pendant cette expérience l'air a cédé une certaine quantité de chaleur au calorimètre et la température de celui-ci s'est accrue de $\Delta\theta$. En appelant M le poids du calorimètre réduit en eau, comme la chaleur spécifique de l'eau est prise pour unité, l'acquisition de chaleur faite par le calorimètre s'exprimera par $M.\Delta\theta$. Si on dispose l'expérience de manière a ce que le gaz ne subisse aucune détente en passant du serpentin au calorimètre, ou dans l'intérieur de celui-ci, on pourra être certain que la chaleur acquise par le calorimètre représente identiquement la cession de chaleur qui lui est faite par le gaz en vertu de la différence de leurs températures. Si on appelle P le poids du gaz qui a passé dans le calorimètre, θ la température moyenne de celui-ci pendant l'expérience, et c la chaleur spécifique du gaz sous pression constante, la chaleur cédée par le gaz s'exprimera par $Pc\,(T-\theta)$, puisque le gaz ne subit pas de variation de pression, et en admettant que la température du calorimètre varie assez peu pour qu'on puisse n'envisager ici que sa température moyenne. On aura donc :

$$Pc\,(T-\theta) = M.\Delta\theta$$

relation qui permettra de calculer c, les autres quantités qui y figurent étant données par l'expérience en question.

Supposons au contraire que l'appareil soit disposé de manière à ce que le gaz subisse une détente au sein du calorimètre. C'est précisément cette circonstance qui caractérise d'une manière générale les expériences dont nous nous occupons ici. La détente occasionne alors un refroidissement qui affecte le calorimètre, et par le fait

duquel la quantité $Pc\ (T-\theta)$, calculée au moyen de la valeur antérieurement connue de *c*, n'est plus identique à $M.\Delta\theta$. L'écart entre ces deux quantités est la mesure de l'effet thermique dû à la détente. On aura en général :

$$M.\Delta\theta - Pc\,(T-\theta) = Q$$

Q étant une quantité de chaleur négative exprimant la perte que la détente fait subir au calorimètre. Si l'on imaginait que le gaz traversât le calorimètre à pression constante, il devrait, pour lui abandonner une quantité de chaleur précisément égale à Q, posséder, par rapport à la température moyenne du calorimètre, un excès *y* de température défini par $Pcy = Q$. C'est cet excès de température $y = \frac{Q}{Pc}$ dont M. Regnault se sert pour caractériser le refroidissement dû à la détente.

Cela dit, voici quels ont été les divers modes de produire la détente et quels résultats ont été obtenus.

Dans le premier appareil employé, le serpentin, d'assez gros calibre, se terminait à son entrée dans le calorimètre par une plaque percée au centre d'un orifice capillaire. Le gaz se détendait dans le calorimètre au sortir de cet orifice. Les résultats n'ont pu avoir quelque régularité qu'à la condition que l'air entrât dans le calorimètre avec un assez grand excès de pression. Le refroidissement observé a été nul pour l'hydrogène, petit, mais sensible pour l'air, très-marqué pour l'acide carbonique.

L'appareil a été ensuite modifié par l'emploi d'un calorimètre dit *à détentes successives*, dans lequel la capacité que le gaz a à parcourir se compose de douze tubes en laiton de 8^{mm} de diamètre intérieur, dont chacun est relié au suivant par une tubulure beaucoup plus étroite. Le

gaz se détend par degrés en passant de l'un à l'autre, et c'est seulement dans le dernier qu'il se met sensiblement en équilibre de pression avec l'atmosphère. Les refroidissements déterminés pour l'air, par cette méthode, ont été plus réguliers et plus sensibles, et se sont montrés à peu près proportionnels à la pression d'écoulement. En d'autres termes, si on appelle F et H la pression du gaz avant sa détente et la pression atmosphérique (exprimées en mètres de colonne de mercure), le quotient $y_1 = \frac{y}{F-H}$ est une quantité à peu près constante. La moyenne de plusieurs expériences a donné $y_1 = 0°,3548$.

De nouvelles expériences ont été faites avec un calorimètre dans lequel le gaz se détend en parcourant un serpentin formé d'un tube d'argent capillaire, plus ou moins long; ce tube peut déboucher dans l'atmosphère soit directement, soit par l'intermédiaire d'une capacité moins resserrée qui se trouve immergée, elle aussi, dans le liquide du calorimètre.

Toutes choses égales d'ailleurs, le refroidissement par détente dans le tube capillaire s'est montré le même, quelle que soit la longueur du tube, pourvu que la détente soit complète. Il n'y a donc pas de dégagement de chaleur par suite du frottement de l'air contre les parois du tube. M. Regnault estime qu'il n'y a de chaleur dégagée par le frottement entre deux corps que si les molécules de chacun de ces deux corps ne sont pas libres, c'est-à-dire si elles sont sous l'influence d'une force quelconque d'agrégation. Or, dans les gaz, il n'existe pas de force d'agrégation appréciable qui agisse sur les molécules [1].

[1] M. Regnault en conclut que l'incandescence des bolides doit être attribuée non au frottement de l'air, mais à sa compression.

Quand le tube capillaire débouche directement dans l'air libre, la vitesse de sortie du gaz est beaucoup plus considérable que lorsqu'il y débouche par l'intermédiaire d'un tube spacieux. Ces deux variantes relatives à la vitesse de sortie peuvent également être introduites, et l'ont été, dans les expériences antérieures à celles dans lesquelles les fils capillaires ont été employés. Or, quand le gaz sort de l'appareil avec une grande vitesse, il entraîne avec lui, sous forme de force vive de translation de ses molécules, une certaine quantité de chaleur qui est soustraite au calorimètre, tandis que, quand le gaz débouche préalablement dans une capacité plus ou moins spacieuse où il perd de sa vitesse, la force vive de translation se reconvertit en chaleur sensible qui est restituée à l'eau du calorimètre par l'entremise des parois de cette capacité. On pouvait donc s'attendre à observer un abaissement de température d'autant plus grand que le gaz s'échappe du calorimètre avec une plus grande vitesse. C'est ce que toutes les expériences ont confirmé.

Pour avoir un résultat exact, il faudrait rendre cette vitesse nulle, ce qui est évidemment impossible.

M. Regnault a même démontré par une expérience spéciale que la cause de ces différences est bien celle qui vient d'être indiquée. En plaçant à la suite du calorimètre à serpentin un second calorimètre à boîtes superposées que le gaz traverse après sa détente dans le tube capillaire et avant de déboucher dans l'air, il a constaté que ce second calorimètre accusait un dégagement de chaleur.

Le calorimètre dédoublé n'est pas celui qui convient le mieux aux expériences destinées à mesurer le refroidissement. M. Regnault a construit un autre appareil où

le serpentin capillaire et la série de boîtes superposées qui lui fait suite, sont réunis dans un seul et même calorimètre. Avec cet appareil, qui permet d'expérimenter dans des conditions très-précises, il a trouvé $0°,377$ pour valeur du quotient $y_1 = \frac{y}{F-H}$ relatif à l'air atmosphérique. On l'a employé également pour expérimenter sur l'acide carbonique qu'on faisait dégager sous de fortes pressions (jusqu'à 50 atmosphères) d'un réservoir Thilorier (c'est-à-dire d'un réservoir contenant une provision d'acide carbonique liquéfié) et qui ressortait du calorimètre avec un minime excès de pression ($\frac{1}{206}$ d'atmosphère). Ce gaz subit un refroidissement beaucoup plus considérable que celui de l'air. De plus, si l'on compare les résultats avec ceux d'expériences antérieures opérées sous de moindres pressions, on reconnaît que le refroidissement y n'est pas proportionnel à l'excès de pression $F-H$, mais qu'il augmente plus rapidement que ne l'indiquerait la proportionnalité. Pour $F-H = 3354^{mm}$ (environ 4,4 atmosphères) on a $y_1 = \frac{y}{F-H} = 1°,6190$ (expériences de 1854). Pour $F-H = 38591^{mm}$ (environ 50,8 atmosphères), on a $y_1 = 2°,1238$.

La différence entre les résultats obtenus pour l'air et pour l'acide carbonique vient de ce que celui-ci s'écarte de la loi de Mariotte notablement plus que l'air, quoique dans le même sens. Les écarts ont lieu dans ce sens que, pour un accroissement donné, ou pour une diminution donnée de pression, le gaz se comprime ou se dilate plus qu'il ne le ferait s'il suivait cette loi. L'acide carbonique subit dans les expériences une détente qui, étant plus

intense que celle de l'air, doit absorber plus de chaleur. La chaleur absorbée est, toutes choses égales d'ailleurs, plus grande si l'on opère à une température basse que si on opère à une température élevée, parce que, plus sa température s'élève, plus l'acide carbonique se rapproche de la loi de Mariotte.

L'extrême sensibilité des appareils thermo-électriques a permis à M. Regnault de s'en servir avec succès pour étudier les différences de température que présente, d'un point à un autre, le courant gazeux qui se détend. Le grand serpentin (destiné à donner au courant gazeux avant sa détente une température déterminée) se terminait au dehors de sa cuve par un tube à grosse section fermé par un diaphragme. Ce diaphragme était traversé perpendiculairement à son plan, et au centre, par un petit tube capillaire : c'est au passage de ce tube que la détente du gaz s'effectuait. Dans un circuit galvanométrique étaient intercalés deux petits éléments thermo-électriques (fer et cuivre), ayant la forme d'un V très-effilé et très-peu ouvert, dont la soudure formait la pointe. Un de ces éléments T était introduit par une tubulure au milieu du tube élargi consécutif au serpentin, l'autre T' dans la région consécutive au tube capillaire et suivant le prolongement de l'axe de celui-ci. Le courant qui se développe dans le circuit par le fait de l'inégalité des températures auxquelles les soudures des deux éléments sont exposées, et que le galvanomètre accuse, indique que la soudure T' est plus froide que la soudure T. La différence augmente à mesure que l'on approche davantage la soudure T' de l'orifice du petit tube. Mais elle diminue quand on enfonce la soudure T' dans ce

tube, de manière à en rétrécir notablement la section[1]. Cela doit être, car si on fermait complétement ce tube, l'écoulement, et par suite la détente, cesseraient.

Par l'emploi des appareils thermo-électriques, M. Regnault a encore constaté : 1° que le refroidissement subi par l'air par le fait de sa détente dans un tube capillaire se fait progressivement sur toute la longueur de celui-ci ; — 2° qu'un tube capillaire, qu'on intercale dans un calorimètre et qui est nécessairement le siége de la détente, est toujours aussi celui du refroidissement, dans quelque partie du calorimètre qu'il soit intercalé.

Seconde catégorie d'expériences.

Les expériences de la seconde catégorie rentrent, comme celles de la première, dans ce que M. Regnault appelle la ***détente dynamique***, c'est-à-dire dans le cas où la masse de gaz contenue dans le calorimètre n'est pas constante pendant l'expérience ; mais elles en diffèrent essentiellement par la manière dont la température du calorimètre est modifiée.

Nous n'avons pas la prétention d'exposer ici toutes les modifications de détail que le mode d'expérimentation suivi et l'appareil employé ont successivement reçues ; nous nous contenterons de les décrire d'une manière générale.

Un réservoir métallique, de forme à peu près cylindrique, capable de résister à de fortes pressions intérieures et immergé au sein d'un grand vase plein d'eau,

[1] Mais la différence des températures n'est jamais intervertie, comme d'autres physiciens l'avaient affirmé d'après leurs propres recherches.

constitue le calorimètre. Ce réservoir est pourvu de deux tubulures. Par l'une, qui est munie d'un robinet R, il peut communiquer avec l'atmosphère extérieure. Par l'autre, il communique avec une des extrémités d'un long serpentin qui est placé dans une grande masse de liquide et qui sert, comme celui des autres expériences, à donner au gaz qui y circule une température connue. Ce serpentin communique lui-même par son autre extrémité, et par l'intermédiaire d'un tube muni d'un robinet r, avec un vaste réservoir métallique contenant du gaz comprimé sous une pression plus ou moins grande.

Le robinet r étant fermé, on s'assure, en ouvrant le robinet R, que le calorimètre (en supposant qu'on opère sur l'air) est à la pression H de l'atmosphère. Ensuite on referme R et on ouvre r. L'air comprimé se précipite alors dans le calorimètre, en passant par le serpentin, et l'écoulement dure jusqu'à ce que le calorimètre ait acquis une pression F qui lui soit commune avec le grand réservoir. Ensuite on referme le robinet r. Pendant cette période la compression de l'air dans le calorimètre a rendu libre une quantité de chaleur Q qui s'évalue comme suit :

Pendant l'expérience le calorimètre, dont la valeur en eau est M, subit une élévation de température $\Delta\theta$; il acquiert donc la chaleur $M\,\Delta\theta$.

L'air, qui est entré dans le calorimètre, pèse $P - p$, P et p étant les poids de l'air contenus dans le calorimètre respectivement sous les pressions F et H. Or, cet air qui arrive à la température T du serpentin s'est réchauffé jusqu'à la température finale θ' du calorimètre, il a donc enlevé à celui-ci la chaleur $(P-p)\,c\,(\theta'-T)$.

Enfin l'air qui existait primitivement dans le calori-

mètre s'est échauffé de la température initiale θ de celui-ci à sa température finale θ' ; il lui a donc enlevé la chaleur $pc(\theta'-\theta)$[1].

La chaleur dégagée par la compression est donc :

$$Q = M.\Delta\theta + (P-p)\,c\,(\theta'-T) + pc\,(\theta'-\theta).$$

Vient ensuite la période de détente. Le robinet R est ouvert et l'air comprimé s'écoule du calorimètre dans l'atmosphère jusqu'à ce qu'il n'ait plus que la pression de celle-ci. Pour qu'il ne puisse s'échapper qu'en équilibre de température avec le calorimètre, il faut intercaler entre celui-ci et le robinet R une espèce de serpentin qui plonge entièrement dans la même eau. La détente a pour conséquence une absorption de chaleur Q' qui s'évalue comme suit.

Le calorimètre éprouve un abaissement de température $\Delta\theta$, et, par conséquent, une perte de chaleur $M\Delta\theta_1$.

L'air sorti s'est échappé à des températures qui ont varié depuis la température initiale du calorimètre θ_1 à sa température finale θ_1'. On admet que la totalité est sortie à la température moyenne $\frac{1}{2}(\theta_1+\theta_1')$. L'air a donc perdu en sortant la quantité de chaleur

$$(P-p)\,c\,[\theta_1 - \tfrac{1}{2}(\theta_1+\theta'_1)].$$

Enfin l'air resté dans le calorimètre, en se refroidissant de θ_1 à θ_1', a perdu la chaleur $pc\,(\theta_1-\theta_1')$.

[1] $\Delta\theta$ n'est pas nécessairement identique à $\theta'-\theta$ par suite de l'intervention de corrections destinées à tenir compte des perturbations extérieures. En outre l'emploi de la chaleur spécifique *à pression constante* dans le deuxième et le troisième terme de Q n'est justifié que par la petitesse de ces termes vis-à-vis de $M.\Delta\theta$.

On a donc pour la perte totale de chaleur due à la détente

$$Q' = M \Delta \theta_1 + (P-p) c \left[\theta_1 - \tfrac{1}{2}(\theta_1 + \theta'_1)\right] + pc(\theta_1 - \theta'_1).$$

Il résulte de ce qui précède que la double expérience par compression et détente successives pouvait se répéter plusieurs fois de suite sous des pressions décroissantes, à la condition que le réservoir à gaz comprimé contînt du gaz sous une assez forte pression, et eût une capacité assez grande par rapport à celle du calorimètre. En outre, M. Regnault faisait souvent ses expériences, soit uniquement par compression, soit uniquement par détente, c'est-à-dire qu'il ne faisait les observations thermométriques que pendant celle des deux phases qu'il jugeait à propos d'envisager.

Lès valeurs de Q et Q', obtenues dans une même série d'expériences, en faisant varier la température et la pression, étaient comparées entre elles. Le résultat de ces comparaisons était toujours celui-ci. La chaleur Q, en ce qui concerne l'air, est presque exactement proportionnelle à l'excès de pression F—H, en sorte que le rapport $\frac{Q}{F-H}$ est presque constant; mais la moyenne des rapports $\frac{Q}{F-H}$ relatif, à la compression est toujours un peu plus grande que la moyenne des rapports $\frac{Q'}{F-H}$ relatifs à la détente.

La raison de cette différence est la suivante :

Les expériences que nous venons de décrire sont assujetties à une cause d'erreur qui affecte toutes les expériences de détente dynamique. C'est la force vive de translation des molécules. Les valeurs de Q et de Q'

ne sont exactes ni l'une ni l'autre : elles sont toutes deux plus grandes que la réalité. Q est augmenté de toute la chaleur qui provient de la destruction de la vitesse des molécules à leur arrivée du serpentin dans le calorimètre pendant la période de compression ; Q' est augmenté de toute la chaleur qui disparaît sous forme de vitesse lorsque dans la période de détente le gaz s'échappe dans l'atmosphère. Mais Q est altéré dans une plus grande mesure que Q', si la compression se fait en moins de temps que la détente. Or, c'est ce qui arrivait dans les expériences rapportées ci-dessus ; car leur auteur ralentissait à dessein la détente, de peur que l'air ne s'échappât avant d'avoir harmonisé sa température avec celle du calorimètre. Voilà comment s'explique la différence que nous avons signalée.

De même que dans les expériences de la première catégorie, on peut constater directement l'influence de la vitesse, avec laquelle l'air quitte le calorimètre. Dans le serpentin, dont nous avons parlé, qui termine le calorimètre et en fait partie, on peut intercaler un diaphragme percé d'un petit orifice. Or, on a constaté que Q' est plus petit, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque le diaphragme se trouve placé vers la naissance de ce serpentin que lorsqu'il se trouve placé près du robinet de dégagement.

Après avoir reconnu la cause qui introduisait un écart entre les résultats obtenus par compression et par détente, M. Regnault a construit un nouvel appareil qui en rendait, sinon l'élimination, au moins l'atténuation plus facile. Cet appareil ne diffère du précédent que par des détails. Le diamètre du serpentin est réduit à 1^{mm}. Les robinets sont remplacés par des vis micrométriques ré-

gulatrices. La vis qui se trouve à l'issue du réservoir calorimétrique, règle l'ouverture d'un orifice, auquel fait suite un tube annulaire en laiton contenant des disques échancrés qui forcent l'air à y circuler suivant une spirale; ce tube fait partie du calorimètre et débouche à l'air libre.

Les expériences faites à l'aide de cet appareil (1865) qui permet de rendre la période de compression sensiblement égale à celle de détente, ont confirmé que les quantités de chaleur Q et Q′ sont très-sensiblement proportionnelles à l'excès de pression F—H, et que la moyenne des rapports $\frac{Q}{F-H}$ pour la compression, et celle des rapports[1] $\frac{Q'}{F-H}$ pour la détente ne diffèrent pas l'une de l'autre d'une manière appréciable.

Quant aux gaz autres que l'air, les expériences, faites d'abord avec un des anciens appareils, ont été reprises avec l'appareil perfectionné qui vient d'être mentionné, et avec les précautions voulues.

Avec l'hydrogène, le rapport $\frac{Q}{F-H}$ est un peu moindre qu'avec l'air; il est le même pour la détente et pour la compression.

Avec l'acide carbonique ce rapport est sensiblement plus grand qu'avec l'air. Il est moindre pour la compression que pour la détente, sans que cela puisse s'expliquer. Enfin au lieu d'être constant, il augmente d'une manière très-notable avec F—H.

L'élimination de la cause qui rend Q′ différent de Q

[1] Nous ne reproduisons pas les valeurs absolues de ces rapports. Elles n'ont pas d'intérêt, puisqu'elles dépendent du calorimètre employé.

se borne à faire disparaître une inégalité d'erreurs. Elle n'empêche pas ces deux quantités d'être inexactes par excès, et cela pour la raison que nous avons indiquée. Il en résulte que si on calcule directement la valeur du travail détruit correspondant à Q (ou la valeur du travail réalisé correspondant à Q'), et si on divise le nombre des kilogrammètres par celui des calories, on devra trouver un quotient inférieur au véritable équivalent mécanique de la chaleur, puisque le nombre des calories est trop grand. Effectivement en se servant des résultats relatifs à l'air, on trouve en moyenne 416,2, tandis que le véritable nombre doit être très-peu différent de 436 [1]. En se servant des résultats, beaucoup moins constants, relatifs à l'acide carbonique, l'écart est encore plus grand.

A. ACHARD.

[1] Les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, s'exprimant par $pv=R(a+t)$, a étant l'inverse du coefficient de dilatation et R une constante propre à chaque gaz, la théorie indique pour la valeur de l'équivalent mécanique $E=\dfrac{\frac{R}{c}}{1-\frac{1}{\gamma}}$, c étant la chaleur spécifique du gaz sous pression constante, et γ le rapport de cette chaleur spécifique à celle sous volume constant. Pour l'air atmosphérique, on a $R=29,272$, $c=0,2375$. Si on donne à γ la valeur antérieurement admise, 1,410, on trouve $E=424$; si on donne à γ la valeur 1,3945, déduite des expériences très-précises de M. Regnault sur la vitesse du son dans l'air, on trouve $E=436$.

SUR

LA DISPERSION ANORMALE

PAR

M. AUGUSTE KUNDT

(Troisième mémoire [1])

(TRADUCTION [2])

Dans mon second mémoire sur la dispersion anormale, j'avais été conduit par l'expérience, à admettre qu'il y a, outre la relation que j'avais supposé d'avance devoir exister entre la dispersion et la couleur superficielle, un lien très-étroit entre la dispersion et l'absorption.

Mes expériences démontraient ce qui suit:

1° *Pour une série de corps qui réfléchissent dans de fortes proportions les rayons moyens du spectre, tout en ayant pour ces mêmes rayons un pouvoir d'absorption considérable, la réfraction subit une augmentation extraordinairement rapide lorsqu'on se rapproche de la bande d'absorption à partir de la portion qui correspond (dans l'air) aux plus grandes longueurs d'onde, tandis qu'elle subit, au contraire, une diminution extraordinairement rapide lorsqu'on arrive à cette même bande d'absorption à partir de la portion des longueurs d'onde plus courtes (dans l'air). De telle sorte que des rayons de plus grandes longueurs d'onde (dans l'air) sont plus déviés que des rayons de longueurs d'onde plus petites.*

[1] Pour les deux précédents mémoires, voir *Archives*, 1871, t. XL, p. 188, et t. XLI, p. 317.

[2] *Poggend. Annalen*, t. CXLIV, p. 128.

2° *Avec les milieux qui présentent plusieurs bandes d'absorption nettes et fortes, on observe aux limites de chaque bande d'absorption une anomalie de dispersion telle que celle qui vient d'être décrite, c'est-à-dire que l'on voit croître très-fortement l'indice de réfraction à partir de l'extrémité rouge du spectre à mesure qu'on s'approche d'une bande d'absorption, tandis qu'il est sensiblement plus petit de l'autre côté de cette bande.*

3° *Une série de corps qui absorbent la partie la plus réfrangible du spectre, montrent un accroissement très-remarquable de l'indice de réfraction du rouge au jaune.*

En poursuivant mes expériences, j'ai réussi à établir quelques points nouveaux, qui ont leur importance pour la dispersion anormale ; ce troisième mémoire contient l'exposé rapide de ces faits, ainsi que quelques remarques sur la méthode d'observation.

Ce que j'avais avant tout en vue, c'était de trouver un corps *solide* montrant si possible une absorption énergique sans présenter sensiblement de couleur superficielle, et d'étudier la dispersion qu'il donne.

Les cristaux de sulfate de didyme que j'ai pu me procurer et avec lesquels j'aurais pu espérer obtenir un premier résultat, se sont trouvés trop peu limpides pour des observations précises; du verre de didyme, que m'a fourni M. Mertz, de Munich, absorbait trop peu ; j'essayai alors du verre bleu de cobalt, qui, comme on le sait, présente des raies d'absorption très-marquées. Quelques prismes que je taillai dans du verre de cobalt ordinaire montrèrent bien dans le voisinage des bandes d'absorption des traces d'anomalies de dispersion; ces dernières ne me parurent pas cependant suffisamment marquées et probantes. Divers morceaux de smalt que je pus me pro-

curer et que je soumis à des essais, se trouvèrent après la taille trop boursoufflés et fendillés. Je cherchai donc à préparer un verre de borax fortement teinté en bleu par le cobalt et autant que possible exempt de fentes. Après divers essais, j'arrivai au moyen d'une fusion prolongée sur un feu de charbon dans des creusets hessois, et après plusieurs refontes successives, à obtenir du verre de borax bleu qui, une fois taillé en petits morceaux, ne présentât plus ni gonfles, ni fentes pouvant entraver l'observation. Comme je ne pouvais pas polir suffisamment les prismes ainsi obtenus et que d'ailleurs le verre de borax devient très-vite mat à sa surface, je les recouvris de plaques de verre planes collées à leur surface avec du baume de Canada.

Ces prismes présentaient une teinte bleue beaucoup plus intense que le verre de cobalt le plus foncé qui se trouve dans le commerce, et en faisant passer des rayons lumineux près de leur arête, on observait une bande d'absorption toute noire allant du rouge jusqu'au vert, et une bande plus faible située à peu près entre le vert et le bleu.

Avec ces prismes, je constatai clairement et d'une manière évidente une dispersion anormale, exactement correspondante à celle qui a été décrite au § 2 ci-dessus.

Ainsi donc nous avons dans le verre de cobalt fortement coloré un corps solide, lequel n'étant ni biréfringent ni dichroïque, et ne présentant pas non plus de couleur superficielle marquée, donne une dispersion anormale de la nature de celle qui a été indiquée ci-dessus et qui est en rapport intime avec les propriétés absorbantes du corps.

Des recherches plus approfondies, auxquelles je n'ai

pas eu le temps de me livrer jusqu'ici, montreront d'ailleurs probablement que le verre de cobalt (ainsi que tous les autres milieux à absorption énergique) possède une couleur superficielle, les rayons qui sont très-fortement absorbés se trouvant être aussi les plus fortement réfléchis.

Je n'ai pas réussi jusqu'ici à fondre de l'oxyde de didyme en quantité suffisante avec du borax; mais je ne doute nullement que le verre de didyme préparé dans des conditions favorables ne donne aussi une dispersion anormale.

J'ai ensuite opéré à plusieurs reprises sur des dissolutions d'alun de chrôme, d'azotate d'oxyde de cobalt, d'oxalate d'oxyde de cobalt et d'ammoniaque et d'oxalate d'oxyde de cobalt et de potasse.

J'employai avec ces substances la méthode des prismes croisés que j'ai décrite dans mon second mémoire; mais je ne pus distinguer nettement les brisures que dans le spectre des deux dernières. Il est vrai que le pouvoir absorbant des corps sus-mentionnés est beaucoup moins considérable, même en dissolution concentrée, que celui des corps à dispersion anormale.

En outre, j'ai étudié de nouveau avec un prisme creux construit par M. Steinheil, à Munich, la dispersion de l'hypermanganate de potasse. J'ai dit, dans mon second mémoire, que je n'avais rien pu distinguer de bien net en fait de dispersion anormale dans les diverses bandes lumineuses séparées dans le vert par les cinq bandes d'absorption, et que j'avais simplement observé la forme dentelée qu'offre le spectre oblique dans ce cas. Mes recherches avec ce nouveau prisme creux mieux construit, ont montré que l'anomalie de dispersion telle que nous

l'avons décrite se produit réellement aux limites de chacune des bandes obscures.

Je dois mentionner enfin un autre corps que j'avais dès le début soumis à ce genre de recherches. Dans mes premières expériences, avec lesquelles je ne constatai que le renversement complet du spectre, le bleu de Prusse dissous dans de l'acide oxalique ne me donna aucune dispersion anormale, quoique en apparence sa couleur superficielle soit à peu près la même que celle du carmin. Mais si l'on tient compte de l'absorption de la lumière par une dissolution de bleu de Prusse dans l'acide oxalique, on comprend pourquoi avec cette substance, même à un haut degré de concentration, il ne peut pas avoir de renversement de spectre. La dissolution absorbe en effet les deux extrémités du spectre, le rouge et le violet. On a de la sorte (voir ci-dessus 2 et 3), pour les rayons verts extrêmes qui traversent, un indice de réfraction très-faible qui augmente d'abord très-rapidement, grandit ensuite plus lentement, pour finir par s'élever promptement vers le violet. Mes expériences avec les prismes croisés confirmèrent pleinement ce fait.

De l'ensemble de mes expériences, y compris l'observation de l'anomalie de dispersion que présente le verre de cobalt, il me semble résulter la loi suivante, qui est en même temps, à ce que je crois, la formule la plus courte pour résumer les résultats obtenus dans mon second mémoire :

Si le coefficient d'absorption d'un milieu solide ou liquide pour certaines radiations s'accroît très-rapidement à mesure que le nombre des vibrations augmente, l'indice de réfraction s'accroît aussi très-rapidement avec le nombre des vibrations ; pour une série de radiations pour lesquelles

le coefficient d'absorption grandit rapidement à mesure que le nombre des vibrations décroît, le coefficient d'absorption diminue lui-même rapidement avec le nombre des vibrations. Quand l'absorption est forte, une partie des premières radiations (celles du plus petit nombre de vibrations) se trouve être plus déviée qu'une portion des radiations de la seconde catégorie (du plus grand nombre de vibrations). Cette anomalie peut aller si loin que de deux séries de radiations visibles séparées l'une de l'autre par des rayons fortement absorbés, celle qui correspond au plus grand nombre de vibrations soit moins réfractée que la partie tout entière de celles qui correspondent à de plus petits nombres de vibrations.

Les expériences s'étendent jusqu'ici au seul cas des radiations lumineuses, mais il n'y a aucune raison d'admettre que la loi ci-dessus ne doive pas s'appliquer aussi aux rayons ultra-rouges et ultra-violets. Le fait que cette loi soit applicable non-seulement aux corps solides ou liquides, mais aussi aux gaz, paraît résulter avec une certaine probabilité des observations de M. Leroux, qui le premier, en 1862, observa une dispersion anormale des vapeurs d'iode. Reste à savoir si l'on parviendra jamais à constater une anomalie de réfraction près de chacune des innombrables et très-étroites raies d'absorption des gaz ou vapeurs incandescentes.

Quoique j'aie décrit dans mon second mémoire, la méthode que j'ai employée pour observer la dispersion anormale, je place ici quelques observations sur cette méthode en les accompagnant de figures explicatives, qui peut-être faciliteront la répétition de ces expériences pour d'autres observateurs.

Supposons que la fente d'un spectroscope soit réduite à un point de manière qu'il ne sorte de l'objectif du tube collimateur qu'un mince pinceau de rayons solaires qui tombe ensuite sur un réseau de diffraction; la lunette du spectroscope étant dirigée sur ce spectre de diffraction, on verra dans cette lunette un spectre linéaire. Cette ligne colorée représente en quelque sorte un axe sur lequel la position de chaque couleur est déterminée par son abscisse qui est proportionnelle à la longueur d'onde de cette couleur ou inversément proportionnelle au nombre de vibrations qui lui correspond. En chaque point on a un rayon d'un nombre de vibrations déterminé, et à un déplacement donné le long de l'axe des abscisses correspond un accroissement correspondant pour le nombre des vibrations.

Si l'on veut maintenant obtenir un coup d'œil général sur le pouvoir dispersif d'une substance, l'on n'a qu'à se représenter portée comme ordonnée au-dessus de chaque point de l'axe des abscisses la déviation que le rayon correspondant à ce point subit en passant à travers un prisme d'un angle donné de cette substance. En faisant cela, on obtiendrait, avec les corps transparents ordinaires une courbe s'abaissant d'une manière continue du violet au rouge.

Le procédé le plus simple pour arriver expérimentalement à ce résultat consiste à disposer quelque part sur le trajet des rayons lumineux qui ont traversé le réseau de diffraction et la lunette, un prisme de la substance donnée de telle sorte que l'arête de ce prisme soit perpendiculaire aux raies du réseau de diffraction. Soit, par exemple (figure 1, planche II) O le point considéré, vu à travers la lunette sans réseau de diffraction; B H le premier des

spectres de diffraction que l'on obtient, d'un côté, avec un réseau à raies horizontales; en regardant au travers d'un prisme de verre à arête verticale, l'on observera un spectre linéaire oblique qui revêtira ou bien la forme *b h*, fig. 1, ou bien la forme *b' h'*, fig. 2, ou bien se réduira à une ligne droite, ou bien encore à une courbe présentant un point d'inflèxion en son milieu. L'inspection de cette courbe donnera de suite un aperçu de la manière dont les déviations, et partant les indices de réfraction, augmentent avec le nombre des vibrations. Avec tous les milieux transparents on verra le spectre former une courbe dans laquelle à des abscisses croissantes correspondent des ordonnées décroissantes, c'est-à-dire que l'indice de réfraction diminue avec le nombre des vibrations.

Il en est autrement avec les substances à dispersion anormale. La courbe de déviation ou de dispersion prend, dans le cas où l'on opère avec un prisme creux rempli d'une dissolution de cyanine fortement concentrée, la forme indiquée fig. 3. La courbe se compose de deux branches séparées *ab* et *cd*; les radiations moyennes sont absorbées, et l'on se convainc à première vue que la partie *ab*, correspondant aux rayons de plus grande durée d'oscillation est plus déviée que la portion bleue et violette *cd*. On reconnaît, en outre, immédiatement que cette courbe de dispersion suit la loi énonçée ci-dessus, page 386.

Au lieu d'un réseau de diffraction, on peut aussi employer un prisme à dispersion normale, cela est même avantageux pour des expériences préliminaires qui exigent un plus grand éclat; il faut seulement ne pas perdre de vue dans ce cas que, à des longueurs égales prises sur l'axe des abscisses le long duquel les couleurs sont

distribuées par le prisme à dispersion normale, ne correspondent pas des différences égales des nombres de vibrations.

Pour les expériences elles-mêmes, il n'est pas avantageux de réduire la source lumineuse à un point; il vaut mieux employer une fente courte, parce qu'alors les lignes de Fraunhofer se voient beaucoup plus nettement dans le spectre. La fente peut être ou bien parallèle aux raies du réseau de diffraction ou perpendiculaire à celles-ci; dans le premier cas, on obtient la figure 4 au lieu de la courbe de dispersion, fig. 1; dans le second cas, la fig. 5, dans laquelle les lignes de Fraunbofer sont indiquées par des lettres. Avec la cyanine on a dans le premier cas l'apparence indiquée fig. 6; dans le second cas, celle représentée fig. 7. Dans mes expériences, j'ai disposé ordinairement la fente, comme je l'ai dit dans mon second mémoire, parallèlement aux raies du réseau de diffraction, c'est-à-dire perpendiculairement à l'arête du prisme de dispersion anormale. Il n'y a pas de différence essentielle entre ces deux méthodes d'observation; il peut être parfois avantageux d'amener successivement la fente dans les deux positions, surtout lorsqu'il s'agit de faibles traces de dispersion anormale. Quand la fente est parallèle à l'arête du prisme anormal, on voit tout de suite, en menant des lignes verticales, quelles sont les couleurs qui tombent les unes sur les autres lorsqu'on emploie le prisme anormal tout seul.

Dans les figures 8 et 9, j'ai dessiné les spectres d'une dissolution assez concentrée d'hypermanganate de potasse. La figure 10 donne le spectre d'une dissolution faible du même corps; on voit par là l'apparence observée lorsqu'il se trouve plusieurs bandes d'absorption à la fois. La

figure 11 et la figure 12 montrent enfin les courbes de déviation fournies par le verre de borax teint au cobalt.

Ces dessins ont été exécutés à vue et sans mesures précises; pour les fig. 6, 7, 11 et 12 on a employé, au lieu du réseau de diffraction, un prisme de crown d'un angle de 20° environ.

La méthode que nous avons exposée ne s'applique pas seulement à l'étude de la dispersion anormale, elle pourra être employée aussi avec succès pour les corps tout à fait transparents de façon à déterminer si il y a aussi une corrélation entre la réfraction et l'absorption des rayons ultra-rouges et ultra-violets.

Je tiens encore à faire remarquer que les prismes creux que j'employais dans ces expériences étaient deux prismes d'un angle de 25° formés par des plaques de verre taillé et construits par M. Steeg, de Hambourg, et un excellent prisme creux exécuté par M. Steinheil, de Munich, et dont je donnerai la description plus tard.

Je crois avoir poussé les expériences assez loin, et suffisamment éclairci le phénomène dont il s'agit pour que les premiers pas que le physicien aura à faire dorénavant dans cette voie doivent être de déterminer d'une manière précise, à l'aide de la méthode décrite, les « courbes de déviation » et de « dispersion » d'une série de corps.

Lorsque j'aurai fait exécuter un certain nombre de modifications qu'il sera nécessaire pour cela de faire apporter à mon goniomètre, j'entreprendrai cette recherche.

Wurzbourg, 4 août 1871.

Appendice.

Ce qui précède était déjà prêt pour l'impression, lorsque j'ai reçu le numéro 6 de cette année des Annales de Poggendorff, lequel, outre une réimpression de la note que j'avais insérée dans les *Mémoires de la Société de Physique et de Médecine de Wurzbourg*, renferme encore plusieurs mémoires sur la dispersion anormale, qui m'obligent à ajouter quelques mots à ce qu'on vient de lire.

Dans ce cahier des *Annales* se trouve reproduite la notice de M. *von Lang* sur la dispersion anormale des prismes aigus, tirée des *Comptes rendus de l'Académie de Vienne*. L'objection que M. v. Lang fait à mes observations, ou du moins à la manière dont je les ai interprétées, a déjà été indiquée dans mon second Mémoire et réfutée en quelques mots. Ce Mémoire fournit, ce me semble, par son contenu tout entier, une démonstration si complète du fait que la dispersion anormale se produit en dehors de toute action de la chromasie de l'œil ou de celle de la lunette, que je n'ai pas à y insister davantage. M. v. Lang se persuadera facilement, par de nouvelles expériences, de l'exactitude de ce que j'ai avancé.

Plus tard, dans le cours de mes recherches, j'ai employé à plusieurs reprises la méthode d'observation de M. *Soret*, et j'ai obtenu les mêmes résultats que lui.

Quant à la question posée par M. *Christiansen* dans l'appendice à son Mémoire, de savoir si chez les corps mentionnés dans mon premier travail comme donnant, d'après mes expériences, une dispersion anormale, l'on a à faire à un véritable renversement du spectre ou simplement à un élargissement et à un déplacement de certaines portions de ce spectre, comme M. Christiansen l'a

observé pour la fuchsine, j'y ai répondu par la méthode des prismes croisés décrite dans ma seconde notice.

J'ai lu avec le plus grand intérêt, comme on le comprend bien, le travail de M. *Sellmeier*. Les vues théoriques de ce savant sont en si parfait accord avec mes expériences, que je désire vivement en connaître bientôt l'exposé détaillé et la démonstration. Moi aussi je me suis fait certaines idées sur les causes de la corrélation de la dispersion et de l'absorption, et, comme M. Sellmeier, j'ai cherché à la constater pour les rayons ultra-rouges et ultra-violets des corps transparents. Cependant après la publication, au commencement de juin dernier, de ma seconde notice dans les *Mémoires de la Société de Physique et de Médecine de Wurzbourg,* j'ai suspendu ces recherches pour constater auparavant l'existence de la dispersion anormale dans un corps solide.

Brückenau, le 29 août 1871.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

EDLUNG. FORCE ÉLECTROMOTRICE DANS LE CONTACT DES MÉTAUX, ET MODIFICATION DE CETTE FORCE PAR LA CHALEUR (*Mémoires de l'Acad. royale de Stockholm*, tome IX, n° 14.)

M. Edlung vient d'étudier cette question intéressante dans un travail plein de faits observés avec un soin et une précision remarquables. Partant du principe qu'il existe une force électromotrice à la surface de contact de deux métaux, force dont l'existence peut seule, suivant lui, donner l'explication possible des phénomènes observés par Peltier ; il admet que cette force électromotrice transforme la chaleur en électricité. Puis il ajoute : « Elle ne crée pas de rien le mouvement « électrique, ce qui serait une impossibilité, mais change la « chaleur en électricité. Le mouvement électrique produit est « l'équivalent de la chaleur disparue. Si la chaleur n'existait « pas à la surface de contact, la naissance d'un courant élec- « trique serait impossible, car il manquerait dans ce cas les « matériaux servant, si je puis m'exprimer ainsi, à la pro- « duction de l'électricité. La force de contact ressemble à « cet égard à la force d'induction laquelle, quand on appro- « che un circuit formé d'un courant galvanique, transforme « en un courant d'induction galvanique, le travail mécanique « nécessaire pour produire le rapprochement. »

Ce principe admis, l'auteur distingue d'abord avec soin les deux sommes de chaleur que le passage d'un courant détermine dans un fil composé de deux métaux fixés bout à bout, l'une proportionnelle à la résistance du conducteur et au carré de l'intensité du courant, l'autre qui a lieu au point de contact, qui est tantôt une production, tantôt une absorption

de chaleur, et qu'il admet être proportionnelle à la force électromotrice du point de contact et à la simple intensité du courant; puis il cherche à rendre les résultats de ses expériences indépendants de la première source de chaleur de manière à n'obtenir que la mesure des quantités de chaleur produites ou perdues aux points de contact.

Au moyen d'appareils ingénieux et construits avec beaucoup de soin, M. Edlung détermine pour différentes combinaisons métalliques les variations de température que le passage d'un courant d'une intensité donnée détermine au point de contact des deux métaux soudés bout à bout. Nous ne transcrirons pas les résultats numériques de ces nombreuses expériences; nous nous bornerons à en donner les conclusions. Remarquons d'abord qu'il y a un refroidissement à la surface de soudure quand il y a passage du courant positif : 1° du cuivre au fer, 2° du platine au cuivre, 3° de l'aluminium au cuivre, 4° de l'or au cuivre, 5° du cuivre au cadmium, 6° du plomb au cuivre, 7° du bismuth au cuivre, 8° de l'étain au cuivre, 9° de l'argent au cuivre, 10° de l'argent au zinc, 11° du palladium au platine.

Suivant M. Edlung, la preuve théorique de la signification des phénomènes de Peltier, démontre la naissance d'un refroidissement au point de contact, si le courant circule du même côté que le courant produit par la force électromotrice de ce point. Comme le refroidissement a lieu au point de contact entre le fer et le cuivre, par exemple, quand le courant passe du cuivre au fer, cela signifie que la force électromotrice de ce point cherche à produire un courant circulant du cuivre au fer. Dans le contact le fer devient donc électropositif et le cuivre électronégatif.

On arrive ainsi en combinant les différentes expériences à dresser la table suivante qui donne la force électromotrice de chaque métal dans son contact avec le cuivre en commençant par le plus positif, et en terminant par le plus négatif des métaux explorés. Voici cette table :

Fer	130,90
Cadmium	6,88
Zinc	0,34
Cuivre	0,00
Argent	1,29
Or	14,70
Plomb	22,20
Étain	24,71
Aluminium	30,77
Platine	45,03
Palladium	96,23
Bismuth	783,08

Les mêmes combinaisons métalliques furent ensuite examinées par M. Edlung au point de vue de leurs propriétés thermo-électriques. Les expériences furent conduites avec le même soin et la même précision, et à la suite de ses nombreuses recherches l'auteur parvint à dresser la série thermo-électrique suivante dans laquelle les nombres désignent la force thermo-électrique naissant du contact de chaque métal avec le cuivre. Dans chaque combinaison le courant thermo-électrique passait par le point de contact le plus chaud, du second au premier métal de la combinaison, par conséquent du cuivre au fer, du bismuth au cuivre, etc. Voici cette table :

Fer	146.68
Cadmium	9,79
Zinc	0,70
Cuivre	0,00
Argent	1,89
Or	23,92
Plomb	27,27
Étain	38,84
Aluminium	42,15
Platine	58,41
Palladium	115,04
Bismuth	835,10

On voit ainsi que les métaux gardent exactement le même ordre dans la série thermo-électrique et dans la série électromotrice.

M. Edlung remarque avec raison que la série électromotrice telle qu'il l'a déterminée ne présente aucune concordance avec la série de tension électrique telle qu'elle a a été donnée par Volta et autres partisans de la théorie du contact dans l'explication de la pile voltaïque. Ainsi, par exemple, dans la série de tension de Volta, le zinc est positif par rapport au fer, le plomb est beaucoup plus positif que le cuivre, tandis que c'est le contraire dans la série donnée par M. Edlung. La cause de ces différences résulte, suivant lui, du fait que les gaz sont électromoteurs dans leur contact avec les métaux et que leur effet le plus souvent l'emporte sur celui du contact des métaux entre eux. Et si l'on obtient le même résultat dans l'air raréfié et même dans le vide, cela tient à ce qu'il reste néanmoins toujours des gaz adhérents à la surface des métaux.

M. Edlung formule donc les deux propositions suivantes :

1° *Telle qu'elle a été établie par des expériences électroscopiques, la série de tension électrique pour les métaux ne présente pas de relation immédiate avec les forces électromotrices au contact des métaux; donc il est impossible de déterminer d'après cette série la grandeur ou la nature de ces forces.*

2° *L'ordre respectif entre les métaux est parfaitement identique dans la série électromotrice et dans la série thermo-électrique.*

Cependant l'auteur ajoute à ces deux premières propositions les deux suivantes auxquelles le conduisent, soit les expériences de M. Leroux, soit les siennes propres.

3° *La force de contact électromotrice pour les 11 combinaisons explorées augmente avec la température quand les expériences ont lieu à une température ne dépassant pas +30°.*

4° *Les forces électromotrices qui naissent à une variation donnée de température, chez des combinaisons métalliques dif-*

férentes, ne sont pas proportionnelles aux forces électromotrices de ces mêmes combinaisons métalliques.

Enfin M. Edlung rappelant que par l'application du deuxième principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur, Clausius a démontré que l'augmentation subie par la force électromotrice quand la température s'élève au point de contact doit être proportionnelle tant à l'augmentation de la température qu'à la force électromotrice elle-même, arrive à la suite d'une série nombreuse d'expériences à la conclusion suivante :

5° *Si à l'aide du deuxième principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur, on calcule les modifications que subissent les forces de contact électromotrices par suite de l'augmentation de la température, on obtient des résultats qui ne concordent pas avec l'expérience.*

Prof. A. DE LA RIVE. QUELQUES OBSERVATIONS AU SUJET DU MÉMOIRE DE M. EDLUNG.

Les phénomènes de refroidissement et de réchauffement observés par Peltier quand un courant électrique passe d'un métal à un autre ont une analogie évidente avec les phénomènes thermo-électriques; c'est ce que bien des physiciens avaient déjà constaté avant M. Edlung. mais ce que M. Edlung a établi d'une manière irréfragable. On avait observé que le courant produit par une augmentation ou une diminution de température au point de contact de deux métaux faisant partie d'une chaîne thermo-électrique, a une direction précisément contraire à celle d'un courant extérieur qui traversant cette chaîne produirait ces mêmes variations. Ainsi dans un couple thermo-électrique de bismuth et d'antimoine, le courant passe au point de contact chauffé du bismuth à l'antimoine et au point de contact refroidi de l'antimoine au bismuth; d'autre part un courant électrique qui traverse le

couple, anéantit de la chaleur ou produit un refroidissement en passant du bismuth à l'antimoine et produit de la chaleur en passant de l'antimoine au bismuth.

« Il nous paraît, disais-je en 1856 [1], qu'on peut comparer « ce qui a lieu dans ce cas avec ce qui se passe avec un « fluide élastique. Si on le chauffe il produit par son aug- « mentation d'élasticité un travail mécanique ; mais s'il pro- « duit ce travail mécanique par sa simple dilatation, il se re- « froidit en absorbant une quantité de chaleur équivalente à « ce travail. De même si on chauffe le point de contact de « deux métaux, il se produit un travail mécanique molécu- « laire qui détermine un courant, mais si on produit ce « même courant autrement qu'en chauffant, cette produc- « tion détermine un travail moléculaire qui absorbe de la « chaleur et par conséquent occasionne un refroidissement. « L'inverse serait également vrai et il y aurait des consé- « quences intéressantes à tirer de la comparaison des deux « cas : de celui où il y a réchauffement et de celui où il y a « refroidissement quant à la nature du travail qui accom- « pagne le passage du courant. »

M. Edlung, dans son travail remarquable fait sur un très-grand nombre de combinaisons métalliques, a établi l'identité parfaite qui existe dans l'ordre respectif entre les divers métaux suivant qu'on établit cet ordre en étudiant les variations de température opérées aux points de contact par le passage d'un courant, ou qu'on l'établit par les phénomènes thermo-électriques. Il attribue la première série de phénomènes, ceux observés par Peltier, à une force électromotrice qui, s'exerçant à la surface de contact transforme la chaleur en électricité. Cette force électromotrice ne peut produire aucun effet quand elle est seule ; ce n'est qu'en faisant passer un courant par les points de contact ou en les chauffant, qu'on constate son existence. C'est comme une

[1] *Traité d'Électricité*, par M. A. DE LA RIVE, tome II, p. 530.

espèce de tension qui ne peut par elle-même donner naissance à aucun mouvement électrique si une cause extérieure, courant électrique ou chaleur, ne vient à agir. Cette hypothèse contre laquelle nous n'avons aucune objection, mais dont la nécessité ne nous paraît pas absolument démontrée, conduit comme M. Edlung l'a fait remarquer, à établir pour la série électromotrice des métaux un ordre qui n'a aucun rapport avec celui qui avait été établi par Volta et les partisans de sa théorie de la pile, et qui a été si longtemps admis malgré les nombreuses objections qu'on avait élevées contre les expériences qui lui avaient servi de base.

M. Edlung reconnaît que ces expériences ne pouvaient pas donner de résultats exacts parce qu'on n'avait pas tenu compte de l'influence du milieu ambiant et en particulier de celle des couches de gaz adhérentes aux surfaces métalliques, même dans le vide. C'est ce que je m'étais efforcé de démontrer il y a plus de quarante ans par de nombreuses recherches [1].

Je ne conteste point l'existence d'une force électromotrice au contact de deux corps hétérogènes, par exemple d'un métal et d'un liquide [2], mais pour que cette force existe il faut que le liquide soit électrolytique ; et il se produit alors entre le métal et le liquide une espèce de polarisation qui ne donne naissance à l'électricité qu'autant que le métal et le liquide sont réunis par un conducteur extérieur qui forme le circuit, ou qui aboutit par une de ses extrémités à un condensateur, tandis que l'autre extrémité est en contact avec le métal ou avec le liquide et qu'un seul conducteur fait

[1] J'ai résumé toutes mes recherches à cet égard dans mon *Traité d'Électricité*, tome II, p. 773 et suivantes.

[2] Dans la pile à gaz de Grove il y a bien contact entre le platine et le gaz oxygène ou hydrogène ; mais il y a aussi l'eau acidulée dans laquelle le gaz est dissous et dont la présence est indispensable à la production de l'électricité.

communiquer en même temps avec le sol le liquide ou le métal. Il y a alors décharge d'électricité sous forme dynamique ou statique, décomposition du liquide électrolytique, et combinaison du métal avec l'un des éléments de ce liquide. La production de l'électricité est donc accompagnée d'un travail qui est l'équivalent de l'électricité produite ; la force électromotrice qui précède cette production ne peut évidemment à elle seule la déterminer.

Existe-t-il aussi une force électromotrice dans le contact de deux métaux préalable à l'action de la chaleur, qui détermine le courant électrique en étant appliquée au point de contact? Le fait est que cette force, si elle existe, ne peut pas par elle-même produire d'électricité, mais qu'il faut pour cette production une application de chaleur qui se transforme en électricité, soit par l'effet de la force électromotrice, suivant M. Edlung, soit peut-être simplement en déterminant un travail moléculaire dans les métaux, lequel est accompagné d'une manifestation électrique. De même aussi quand un courant traverse un couple de deux métaux en contact, ce courant détermine un travail moléculaire [1] qui absorbe de la chaleur et produit par conséquent un refroidissement quand il a une certaine direction, et qui dans une direction inverse dégage plus de chaleur qu'il n'en faut pour le travail mécanique, et produit par conséquent un réchauffement [2].

En résumé, quelle que soit la manière dont on envisage ces questions, l'essentiel est le principe que j'ai toujours soutenu depuis plus de quarante ans que je m'occupe d'électricité, savoir qu'il ne peut y avoir manifestation d'électricité

[1] Il est bien reconnu que la transmission de l'électricité dans les corps modifie leur état moléculaire, ce qu'on peut constater en étudiant les altérations moléculaires que détermine dans un fil métallique le passage prolongé d'un courant électrique.

[2] Voyez pour les développements de cette explication mon *Traité d'Électricité*, tome II, p. 528 et suivantes.

sous une forme ou sous une autre[1], sans qu'il y ait un travail corrélatif, action chimique, action mécanique ou action calorifique. Or c'est ce principe sur lequel maintenant tous les physiciens sont d'accord et auquel la découverte de la transformation des mouvements a donné une sanction incontestable.

E. Budde. De l'action de la lumière sur le chlore et le brome. (*Philosophical Magazine*, oct. 1871.)

Dans l'hypothèse bien connue d'après laquelle on considère les molécules des gaz élémentaires comme composés de deux atomes, on peut expliquer pourquoi la lumière exalte les affinités du chlore, en supposant que, pendant l'insolation, les deux atomes qui constituent une molécule tendent à se séparer ou sont réellement séparés. En d'autres termes, le chlore insolé contiendrait toujours des atomes libres en nombre d'autant plus grand que la lumière est plus intense.

Or cette décomposition partielle devrait, suivant toute probabilité, être accompagnée d'une diminution de densité. Ainsi le chlore, dans cette supposition, ***lorsqu'il est exposé à l'action de rayons chimiques, doit subir une expansion, tandis que si on le replace dans l'obscurité, il doit se contracter et reprendre son volume normal originel.***

« C'est cette proposition, dit l'auteur, que j'ai soumise à l'expérience et que j'ai trouvée exacte.

« L'appareil employé consistait en un thermomètre diffé-

[1] Je dis sous une forme ou sous une autre, parce que le principe est aussi vrai quand il s'agit d'électricité *statique* que d'électricité *dynamique*, ce qui tient à ce que la manifestation de l'électricité statique ne peut avoir lieu sans qu'il y ait un mouvement électrique, soit une décharge quelque faible qu'elle soit. (Voyez pour les expériences à l'appui, *Traité d'Électricité*, par M. A. de la Rive, tome II, p. 616.)

rentiel de Leslie, qui était rempli de chlore et exposé aux différentes parties d'un spectre solaire produit au moyen d'un prisme de verre. Les boules du thermomètre avaient 5 à 6 centimètres de diamètre. Le tube qui les reliait avait environ un millimètre de diamètre intérieur. Dans les premières expériences, on a fermé simplement les boules en les mastiquant ; plus tard on a employé des bouchons de verre soudés. L'*index liquide* était formé d'acide sulfurique préalablement saturé de chlore. La viscosité de ce liquide diminue la sensibilité du thermomètre ; cependant, je lui ai donné la préférence à cause de sa stabilité et de sa petite tension de vapeur. Toutefois, j'ai aussi employé le chlorure de carbone CCl^4, mais seulement dans quelques expériences de contrôle destinées à montrer que le phénomène observé ne tenait pas à quelque action produite par l'acide sulfurique, et aussi à donner une idée de la durée de la réaction.(voyez plus bas). Les boules étaient disposées de manière que chacune d'elles pût être exposée à une portion quelconque du spectre solaire; leur distance au prisme variait de 1 à 2 mètres, et leur ombre, selon sa position, couvrait d'un tiers à un sixième de la partie visible du spectre. L'index était éclairé avec un bec de gaz, et sa position observée à l'aide d'une lunette munie de fils croisés.

« Après avoir établi l'équilibre de température, on faisait coïncider le fil croisé avec l'extrémité de l'index; puis on faisait agir la lumière, et l'on observait la variation de position de l'index. Désignons l'une des boules par A, et l'autre par B, et appelons positif un mouvement de l'index de A vers B; les résultats de l'une des séries d'observations pourront être établis comme suit :

Illumination de		Déplacement de l'index.
A.	B.	
Ultra-rouge+rouge.	Obscurité.	$+\frac{1}{2}$ à 1 millim.
Rouge+jaune.	»	$+\frac{1}{2}$ millim.
Bleu+violet.	»	5 à 6 millim.
Trace de bleu+violet +ultra-violet.	»	6 à 7 »
Ultra-violet.	»	4 »
Obscurité.	Rouge.	$-\frac{1}{4}$ ou moins.
»	Violet+rayons adjacents.	—5 millim.
Rouge et jaune.	Ultra-violet, limite.	+ pas mesurable.
L'ensemble de l'extrémité rouge du spectre.	Extrémité violette du spectre.	—2 à 3 millim.
Obscurité.	Obscurité.	$+\frac{1}{2}$ millim. [1].

Les expériences ont été répétées plusieurs fois sans modification sensible dans les résultats; seulement il arrivait parfois que l'acide sulfurique ne bougeait pas; mais, dans ce cas-là, il n'obéissait pas mieux à une petite élévation de température, et il suffisait de vider l'appareil et de le remplir à nouveau pour faire cesser l'anomalie. Les déplacements étaient plutôt lents, et quelquefois il fallait plusieurs minutes pour atteindre leur maximum, mais cela peut s'expliquer d'une manière satisfaisante, par la viscosité du liquide. En effet, 1° on remarque la même lenteur de mouvement, quand l'instrument est employé comme thermomètre différentiel ordinaire dans l'obscurité, et 2° en substituant le chlorure de carbone, CCl^4, à l'acide sulfurique, l'index atteignait sa position définitive en quelques secondes. On peut induire de ce fait que l'état d'équilibre pour le chlore insolé suit de très-près les changements dans l'intensité (chimique) de la lumière. La lumière que j'employais était la lumière solaire de moyenne intensité, qui était réfléchie par un mauvais miroir et décomposée par un petit prisme de verre; « l'ultra-violet » ci-dessus

[1] Au lieu de 0; comme la série d'observations a duré vingt minutes environ, on peut expliquer cette petite différence par une petite variation de température des boules.

mentionné ne comprenait que les rayons non absorbés par le verre.

« Le fait incontestablement prouvé par ces expériences est celui de l'existence d'une substance qui se comporte en apparence, vis-à-vis des rayons *actiniques*, comme la plupart des autres corps connus le font vis-à-vis des rayons *thermiques*. J'ai peu de doute que dans mes expériences ce ne soit réellement la nature chimique du chlore qui produise cet effet. Afin d'obtenir une conviction plus complète, on a fait des expériences de contrôle :

« 1. On a opéré avec un thermomètre différentiel très-sensible (avec un indicateur consistant probablement en esprit de vin coloré), exactement de la même manière qu'avec le thermomètre à chlore : dans la partie la plus réfrangible du spectre, on ne put observer aucune augmentation de température.

« 2. Un thermomètre différentiel rempli d'acide carbonique et ayant un indicateur d'éther, se comportait à la lumière bleue comme le thermomètre à air et à esprit de vin ; d'après les résultats de Tyndall, le contenu des boules, dans ce cas, devrait absorber la chaleur beaucoup plus facilement que le chlore.

« 3. On a placé un thermomètre différentiel rempli de chlore (et d'acide sulfurique) dans un bain d'eau et on l'a exposé directement à la lumière solaire. En mettant à l'ombre alternativement l'une ou l'autre des boules, j'ai observé des déplacements de l'index atteignant plusieurs centimètres, déplacements que je suis disposé à attribuer essentiellement à l'action des rayons chimiques ; en effet :

« 4. Un thermomètre à acide carbonique, placé dans les mêmes circonstances, ne révélait aucune action ; et

« 5. En plaçant devant les boules, comme écran, une lame en verre de cobalt bleu, environ un quart de l'effet de l'insolation continuait à se produire. »

L'auteur indique la possibilité de construire un *actinomètre*

donnant la mesure de l'intensité des rayons chimiques, et aussi facile à observer qu'un thermomètre ordinaire; il ajoute que, d'après quelques expériences préliminaires, le brome se comporterait comme le chlore; enfin, il termine en discutant brièvement les hypothèses autres que celle qu'il a adoptée et par lesquelles on pourrait expliquer les faits observés.

C. SCHULTZ-SELLACK. UEBER DIE FÆRBUNG DER TRUBEN MEDIEN, etc. SUR LA COLORATION DES MILIEUX TROUBLES ET LA SOI-DISANT PHOTOGRAPHIE COLORIÉE. (*Pogg. Ann.*, tome CXLIII, page 449; traduction.)

Les milieux troubles, les mélanges de corpuscules fins transparents d'une densité optique différente, donnent généralement, comme on le sait, dans la lumière transmise, une couleur jaune-rouge, et dans la lumière réfléchie et sous une faible épaisseur une couleur bleue; on observe particulièrement bien cette apparence sur une couche de bromure d'argent et de colodium préparé pour la photographie. *Brücke* a expliqué ce phénomène comme couleur d'épaisseur provenant de l'interférence de la lumière réfléchie par la face antérieure et postérieure des particules; mais alors la grandeur des particules venant à varier, l'on devrait voir apparaître d'autres couleurs que celles que Brücke a observées. L'écartement des particules et la diffraction éprouvée par la lumière incidente blanche doivent aussi exercer une influence variable sur l'intensité relative des couleurs.

L'iodure d'argent, comme je l'ai démontré dans une précédente note, est réduit en poudre lorsqu'on le soumet à l'action de la lumière, et cette poudre devient de plus en plus fine à mesure que l'action de la lumière se prolonge. De même il faut admettre que l'iodure d'argent est précipité dans une couche de colodium en particules d'autant plus fines que le précipité se forme plus rapidement. Les couleurs que l'iodure d'argent affecte successivement dans la lumière transmise, à mesure que sa division devient plus complète,

brun, rouge, vert, bleu, gris-blanc, doivent être considérées comme les teintes affectées par une couche mince du milieu trouble lorsque les particules et leurs écartements deviennent plus petits qu'un quart de longueur d'onde de la lumière. Il me semble que du fait que ces couleurs changent lorsque dans les intervalles des particules on remplace l'air par de l'eau ou du vernis, il suit que ces couleurs ne sont pas des couleurs d'épaisseur de ces diverses particules. Comme la couche d'iodure d'argent qui primitivement est cohérente peut être prise sous une épaisseur moindre qu'une longueur d'onde, les particules de la poudre formée sont probablement beaucoup plus petites qu'un quart de longueur d'onde. L'on voit que l'iodure d'argent n'est pas altéré chimiquement dans cette opération, puisqu'il donne ces différentes couleurs suivant la manière dont il est précipité et indépendamment de toute action de la lumière.

Lorsqu'on ne laisse pas la couche de collodium ioduré se dessécher trop rapidement avant l'immersion dans le bain d'argent, on peut obtenir une couche d'iodure d'argent et de collodium, qui donne aussi dans la lumière réfléchie de superbes couleurs. Lorsqu'on observe cette couche sous un angle d'incidence croissant, on voit apparaître des couleurs de plus en plus réfrangibles. Par l'action de la lumière, ces couleurs se transforment d'une manière générale en d'autres plus réfrangibles.

Les couleurs qui, dans la photographie coloriée, se produisent suivant le procédé de *Becquerel* et *Poitevin* sur du chlorure d'argent bruni, ont probablement la même origine; du moins j'ai observé que le chlorure et le bromure d'argent se divisent mécaniquement sous l'action de la lumière comme l'iodure. La reproduction de couleurs identiques, telles que les doit donner la photochromie, s'explique, suivant la théorie de M. Zenker, par une décomposition chimique, déterminant la production de couches d'argent séparées les unes des autres par des intervalles d'une demi-longueur d'onde. La pro-

duction d'ondulations régulières et fixes dans la couche toujours inégale de chlorure d'argent précipité, laquelle ne donne point les couleurs d'épaisseur de Newton me paraît peu probable. D'ailleurs, on ne peut guère admettre une réduction chimique, au moins dans le procédé de Poitevin, lequel exige la présence de corps oxydants; il se peut, comme l'indique Poitevin, qu'en présence d'acide chromique et de chlorure de potassium, il y ait oxydation et décoloration du chlorure d'argent bruni.

Avec la couche d'iodure d'argent, qui en réalité n'est impressionnable qu'aux rayons bleu-indigo et violets du spectre, la reproduction des couleurs identiques peut, du reste, s'obtenir aussi par suite de l'intensité différente de la lumière violette traversant du verre rouge, vert et bleu. Suivant l'intensité et la durée de l'action lumineuse, l'iodure d'argent revêt dans la lumière transmise les différentes couleurs, lesquelles se suivent dans l'ordre qui précède; et de même que dans la photochromie, il convient que l'intensité absolue ne soit pas trop grande: dans les deux cas, avec une grande intensité l'on obtient à la fin une teinte gris pâle. Parmi les couleurs de la série, l'iodure d'argent n'en présente qu'une ou deux de pures avant de passer au gris; de même la couche de chlorure d'argent photochromique se prête plus particulièrement à la production d'une couleur spéciale de préférence aux autres (Niépce de Saint-Victor). Mais si la couche photochromique peut ainsi donner aussi d'autres couleurs que des couleurs identiques, il faut admettre que l'action spécifique apparente des couleurs est en réalité le résultat de la proportion plus ou moins grande de lumière violette contenue dans les différentes couleurs, cette lumière violette étant la seule qui réagisse sur le chlorure d'argent. La production de couleurs identiques par l'action de la lumière est de cette façon-là le résultat du hasard, le problème en lui-même demeure jusqu'ici sans solution.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr Ranvier. Contributions a l'histologie et a la physiologie des nerfs périphériques. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.* Séance du 13 novembre 1871, LXXIII, 1168.)

Dans cette note M. le Dr Ranvier, préparateur de M. Cl. Bernard au collége de France, communique les premiers résultats de longues et patientes recherches sur la structure des nerfs périphériques, résultats qui éclairent d'un jour nouveau la physiologie de ces éléments, et dont nous donnons le résumé.

L'innervation ne peut se produire sans échange de matières. C'est ainsi que l'activité des nerfs détermine dans leur tissu une réaction acide (Princke) et amène une élévation de leur température (Schiff). Il est fort probable que ces deux phénomènes exigent une consommation d'oxygène. Si jusqu'à présent l'on n'a pas pour les nerfs comme pour les muscles la preuve directe de cette consommation d'oxygène, il est du moins facile d'établir expérimentalement que le sang oxygéné restitue aux nerfs leur excitabilité lorsqu'ils l'ont perdue par la mort physiologique. Cette expérience consiste à séparer chez un animal un membre entier, et lorsque les nerfs de ce membre ont perdu leur excitabilité, les muscles étant encore contractés par une excitation directe, de faire passer dans les vaisseaux du sang défibriné et chargé d'oxygène. L'on voit alors les nerfs reprendre leur pouvoir excito-moteur dix ou quinze secondes après le début de la circulation artificielle. La résurrection des nerfs, dans ce cas, est due très-probablement à la pénétration de l'oxygène du sang jusqu'à la partie active du nerf, c'est-à-dire jusqu'au cylindre d'axe.

Quelle est la voie parcourue par le plasma oxygéné du sang pour arriver au cylindre d'axe, c'est là un point que les recherches de M. Ranvier semblent avoir résolu.

On trouve chez la souris des filaments nerveux thoraciques

extrêmement minces et ayant plus de deux centimètres de longueur. Un de ces nerfs placé dans une solution de nitrate d'argent de $\frac{1}{300}$ pendant une heure, lavé à l'eau distillée et conservé dans la glycérine, montre après l'action de la lumière une disposition remarquable qui n'avait pas jusqu'ici attiré l'attention des histologistes. On aperçoit à l'extérieur du nerf une couche de tissu conjonctif contenant des cellules adipeuses, au-dessous de cette couche un revêtement épithélial continu, formé par des cellules plates, larges et polygonales, puis la masse des tissus nerveux. Dans cette masse au milieu de laquelle on distingue une fibrillation longitudinale correspondant aux tubes nerveux apparaissent de distance en distance de petites lignes noires transversales, d'une admirable netteté et disposées comme les barreaux d'une échelle. Un grand nombre de ces petites lignes transversales sont coupées perpendiculairement vers leur milieu par une ligne noire et la préparation paraît alors couverte de petites croix latines. Cette première observation faite avec un grossissement de 150 diamètres, est insuffisante, on doit poursuivre l'analyse avec de plus forts grossissements, et l'on arrive à se convaincre que les lignes noires transversales sont placées sur des tubes nerveux qui, à leur niveau, ont un diamètre moindre que dans les autres parties de leur longueur et que les lignes longitudinales occupent le centre des tubes nerveux et correspondent aux cylindres d'axe.

La dissociation de gros nerfs, le sciatique du lapin par exemple dans une dissolution de nitrate d'argent à $\frac{1}{300}$, fournit des préparations sur lesquelles on peut reconnaître que la ligne noire transversale correspond à un anneau qui étrangle un tube nerveux et que la ligne longitudinale est formée par le cylindre d'axe qui s'est imprégné d'argent au niveau de l'anneau et dans une petite portion de son étendue de chaque côté des anneaux, ce qui prouve que la solution d'argent a pénétré dans le tube nerveux en ce point seulement.

En employant une autre méthode, l'action du picrocar-

minate d'ammoniaque neutre à $\frac{1}{100}$ sur des tubes nerveux dissociés, on peut observer directement sous le microscope la pénétration de la matière colorante au niveau de l'anneau. Cette pénétration se fait lentement et également des deux côtés de l'anneau. Partout où elle s'est produite le cylindre d'axe est nettement dessiné : au delà il échappe à l'observation. M. Ranvier lui donne le nom de *anneau constricteur des tubes nerveux.*

Ces faits conduisent M. Ranvier à admettre que l'anneau constricteur est le lieu de passage des fluides nutritifs pour les tubes nerveux : en effet, écartant de chaque côté la myéline, l'anneau constricteur ne laisse entre l'espace lymphatique ou séreux du nerf, comparable par sa structure à une véritable séreuse et le cylindre d'axe qu'une couche colloïde où la diffusion peut se produire.

M. Ranvier tire de ses recherches la conclusion générale suivante : « *Les tubes nerveux sont plongés dans une cavité séreuse, les fluides nutritifs circulent dans cette cavité et se mettent en rapport avec les cylindres d'axe par la voie colloïde des anneaux constricteurs des tubes nerveux.* D^r P.

BOTANIQUE.

GERLAND ET RAUWENHOFF. BEITRÆGE ZUR KENNTNISS DES CHLOROPHYLLS, etc. FAITS NOUVEAUX SUR LA CHLOROPHYLLE ET SES DÉRIVÉS. (*Pogg. Ann.*, 1871, tome CXLIII, page 231.) — GERLAND. UEBER DIE EINWIRKUNG DES LICHTES, etc. ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LA CHLOROPHYLLE. (*Pogg. Ann.*, 1871, tome CXLIII, page 585.) — LOMMEL. UEBER DAS VERHALTEN DES CHLOROPHYLLS ZUM LICHT. MANIÈRE DONT SE COMPORTE LA CHLOROPHYLLE PAR RAPPORT A LA LUMIÈRE. (*Pogg. Ann.*, 1871, tome CXLIII, page 518.)

S'il est un corps qui, entre tous, a la propriété de piquer la curiosité des savants, c'est bien certainement la chlorophylle; tour à tour les physiciens, les chimistes, les botanistes,

se consacrent à cette étude, sans arriver toutefois à épuiser le sujet. Ses fonctions complexes entre toutes offrent encore bien des points d'interrogation et la théorie, impuissante, pour le moment, à rendre compte de certains phénomènes, doit se borner à constater ce que la pratique a prouvé victorieusement.

Des trois nouveaux mémoires dont il s'agit aujourd'hui, le premier est de beaucoup le moins important. MM. Gerland et Rauwenhoff se bornent à rendre compte de leurs observations et de leurs expériences sans en tirer des conclusions précises.

Après avoir décrit un nouveau mode (d'après J. Müller) de représentation graphique, dans lequel l'image du spectre lui-même est remplacée par un système de coordonnées, mode fort exact, mais peu satisfaisant pour l'œil, les auteurs comparent un certain nombre de spectres. Ceux qu'offrent une solution de chlorophylle fraîche, de chlorophylle conservée dans l'obscurité, la matière colorante précipitée par évaporation de l'alcool et recueillie sur une plaque de verre, celui enfin de la chlorophylle même enfermée dans la feuille, présentent tous les mêmes caractères généraux. On y retrouve les bandes d'absorption caractéristiques décrites par M. Hagenbach. Les petites différences qu'on observe de l'une à l'autre ne peuvent pas être décrites ici.

Examinant ensuite la chlorophylle au point de vue de sa subdivision possible en deux parties constituantes, MM. Gerland et Rauwenhoff se sont d'abord attachés à l'hypothèse de Frémy. Le savant français divise, comme on le sait, la matière colorante de la chlorophylle en deux principes constituants, un blanc et un jaune. En examinant la question au point de vue exclusivement optique, les auteurs sont arrivés à des conclusions opposées. Le spectre de la matière jaune ou phyloxantine se rapproche en tous points de celui de la chlorophylle elle-même (tout au moins de celle qui a été conservée dans l'obscurité) tout porte à croire que cette sub-

stance, bien loin d'être une partie constituante de la chlorophylle n'en est qu'une transformation. Cette manière de voir ne fait du reste que confirmer celle à laquelle étaient arrivés d'autres observateurs. — Il en est autrement de l'hypothèse de M. Filhof qui, en filtrant la chlorophylle sur du noir d'ivoire, la décompose en une substance verte et une jaune. Sans se prononcer autrement sur la nature de ces corps, MM. Gerland et Rauwenhoff remarquent simplement que la superposition de leurs deux spectres reproduit exactement le spectre de la chlorophylle.

M. Gerland, dans son deuxième mémoire, et M. Lommel, dans celui qu'il a consacré au même sujet, se sont appuyés des résultats de leurs observations, pour émettre sur le phénomène de l'assimilation, des idées en quelques points différentes de celles qui ont généralement cours.

M. Gerland s'attache d'abord à la décoloration de la chlorophylle sous l'influence des rayons lumineux. La solution verte pâlit plus ou moins rapidement suivant qu'elle est due à de la chlorophylle fraîche, à de la chlorophylle conservée dans l'obscurité, à de la chlorophylle précipitée de l'alcool et dissoute dans l'éther (chlorophylle modifiée de Stokes), etc. Mais, dans tous les cas, les phénomènes qui se succèdent sont les mêmes ; les bandes d'absorption pâlissent peu à peu, puis disparaissent. Il reste finalement une liqueur jaune, dont le spectre reproduit celui du principe jaune de Filhol (spectre complet jusqu'à la ligne E Fraunhofer, absorbé au delà). La durée seule variait : tandis que la décoloration était complète dans la chlorophylle fraîche au bout de huit jours, telle solution modifiée résista près de deux mois.

L'oxygène est généralement considéré comme jouant un rôle actif dans ce phénomène. M. Gerland a soigneusement étudié, dans une série d'expériences, les conditions d'absorption de ce gaz dans la chlorophylle, et voici quelles sont ses conclusions à cet égard : « La chlorophylle trouve dans l'oxygène de l'air et dans les vibrations lumineuses de l'éther deux

agents qui travaillent constamment à la transformer. Mais l'intervention simultanée de tous deux est nécessaire pour lui faire subir une modification chimique. *Sous l'influence de la lumière, l'oxygène entre en combinaison avec la chlorophylle et commence à la modifier. Mais si l'éclairage est assez intense, cette oxydation s'interrompt bientôt, et alors la décoloration se manifeste rapidement. S'il est trop faible, l'oxygène continue son œuvre, et la chlorophylle, au lieu de se décolorer, se modifie* (page 597). Elle arrive alors à cet état intermédiaire, dans lequel, tout en ayant perdu une certaine vivacité de nuance, elle résiste beaucoup plus longtemps aux rayons lumineux. Son spectre se distingue de celui de la chlorophylle par la présence d'un espace bleu, qui sépare la cinquième bande d'absorption de la partie réfrangible du spectre.

Les rayons qui jouent un rôle actif dans la décoloration sont, d'après M. Gerland, *tous ceux que la chlorophylle absorbe* (page 603).

M. Lommel, en comparant le spectre d'absorption de la chlorophylle avec son spectre de fluorescence, s'est convaincu de leur parfaite similarité. Pour lui les bandes brillantes du second correspondent exactement aux bandes d'absorption du premier. C'est appuyé sur cette analogie qu'il expose une théorie optique des deux phénomènes de l'absorption et de la fluorescence, théorie qui a été exposée ailleurs, et que nous n'avons pas à apprécier ici.

Passant ensuite à l'assimilation, M. Lommel pose d'abord, comme principe absolu, que *pour pouvoir exercer une action chimique dans une substance quelconque, un rayon lumineux doit être absorbé par elle.* L'énergie de cette action ne dépendra pas seulement du degré de l'absorption, mais aussi de *l'intensité mécanique* du rayon. Un rayon complétement absorbé restera sans effet si son intensité mécanique est minime, et vice versâ, quelque grande que soit celle-ci, elle n'agira que si le rayon est absorbé.

L'*intensité lumineuse* du rayon, telle qu'elle apparaît à notre

œil, n'a aucune valeur pour la solution du problème. Parce que certains rayons ont une influence plus marquée sur nos filets nerveux, ce n'est pas une raison pour qu'ils agissent de même sur le tissu de la plante.

L'*intensité chimique* ne repose pas sur un fondement plus solide : si les rayons violets et ultra-violets agissent d'une manière très-intense sur les sels d'argent, c'est qu'ils sont absorbés par eux. Cela ne veut pas dire, qu'absolument parlant, ils aient des propriétés différentes des autres rayons.

Pour bien apprécier le rôle de ceux-ci, il faut employer un corps qui les absorbe tous également et transforme en chaleur leur force vive. Ce corps, c'est le *noir de fumée*, et en en recouvrant le fil d'une pile thermo-électrique, on aura un moyen d'investigation des plus exacts; cet instrument sera désormais l'auxiliaire indispensable du physiologiste.

Ce maximum d'intensité mécanique se rencontre, comme on le sait, dans une partie des rayons rouges. M. Lommel conclut donc (page 581) :

« *Les rayons les plus actifs dans le phénomène de l'assimilation sont ceux qui, tout en étant absorbés par la chlorophylle, possèdent une intensité mécanique (calorifique) considérable. Ce sont les rayons rouges compris entre les lignes B et C.* »

Les déductions théoriques sur lesquelles repose cette conclusion sont peut-être fort exactes et rigoureusement enchaînées. Mais il nous semble, en tous cas, que l'auteur fait trop bon marché des expériences tentées sur des plantes vivantes et qui toutes ont conduit à des résultats fort différents des siens. Le seul travail que M. Lommel discute est celui de M. Pfeffer, qui concluait à la prépondérance de l'action lumineuse. (Voir *Archives*, XLII, page 10.)

M. Gerland va beaucoup moins loin que M. Lommel dans les critiques qu'il adresse aux idées généralement reçues de l'assimilation. En étudiant directement le spectre de la feuille, il y a reconnu (contrairement à ce qu'avaient avancé M. Lommel et Müller, *Poggend. Annalen*, t. CXLII, page 615) toutes

les bandes d'absorption caractéristique de la solution de chlorophylle et, en outre, dans le rouge et dans le jaune, deux régions légèrement obscurcies.

Il y a bien, au point de vue théorique, quelques objections à faire aux méthodes suivies par les expérimentateurs. Par exemple M. Pfeffer, lorsqu'il a tracé la courbe de l'intensité assimilatrice des rayons, n'avait pas employé des liqueurs monochromatiques, et les points qu'il a tracés indiquent la somme de l'activité des rayons de A à D, de D à F, etc., plutôt que l'action particulière à chacun d'entre eux. Dans chaque région, il peut se trouver des maxima et des minima qui lui ont échappé. En outre, le rôle de la solution de chlorophylle n'est pas parfaitement d'accord avec le reste de la théorie. Des objections de même nature peuvent être adressées à d'autres expérimentateurs. Cependant, le résultat pratique de ces observations ne peut pas être mis en doute; les données de Draper, qui étudiait la décomposition de l'acide carbonique directement dans la lumière spectrale, sont particulièrement bien fondées. « Si, comme M. Lommel l'entend, on devait mesurer l'action assimilatrice des rayons, à leur absorption dans la chlorophylle, le résultat aurait été bien différent. Lors même que nos connaissances ne nous permettent pas d'esquisser exactement la courbe théorique de l'assimilation, il faut cependant admettre comme un fait prouvé, que le maximum se trouve dans la lumière jaune » (page 609). Ce serait donc, non pas aux rayons absorbés, mais à ceux qui apparaissent obscurcis dans le spectre de la feuille, que reviendrait le rôle prépondérant dans l'assimilation. M. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1871.

Du 1 au 6 le ciel a été constamment couvert d'une couche de nuages très-basse, n'atteignant cependant pas le sol.

Le 7, brouillard presque tout le jour, bruine et pluie le soir.

8, brouillard le matin et le soir.

9, première neige de l'automne sur le Salève; le soir de $11^1/_4$ h. à minuit aurore boréale.

10, forte gelée blanche le matin.

12, la hauteur de la neige tombée depuis la veille au soir jusqu'à midi, est de 102^{mm}; la neige n'a fondu qu'au bout de 2 ou 3 jours; la bise s'est levée l'après-midi et a soufflé avec violence jusque dans la nuit du 13 au 14.

17, la hauteur de la neige tombée dans l'après-midi est de 25^{mm}; elle a disparu le lendemain.

18, la bise se lève dans la matinée et dure jusqu'au 20 dans la soirée: elle a été très-forte du 19 au matin au 20 à midi.

22, brouillard le matin; le soir à $8^1/_2$ couronne lunaire.

24, brouillard presque tout le jour.

26, id. id.

27, id. une partie de la journée.

28, id. le matin et le soir; le soir il est tombé 18^{mm} de neige.

29, brouillard presque tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm
Le 5 à 10 h. soir	727,08
10 à 8 h. soir	723,66
14 à 8 h. soir	731,53
20 à 8 h. matin	732,19
23 à 8 h. matin	729,17
27 à 10 h. matin	723,07

MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. soir	720,33
8 à 6 h. matin	715,13
11 à 10 h. soir	713,92
17 à 6 h. soir	718.36
21 à 4 h. après m.	726,34
26 à 2 h. après m.	720.02
29 à 4 h. après m.	715.90

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	721,67	— 4,68	+ 6,15	—0,91	+ 5,4	+ 7,1	5,90	—0,53	845	+ 2	790	880	...	...	NNE. 1	1,00	11,7	— 0,2	134
2	722,00	— 4,36	+ 5,52	—1,36	+ 4,6	+ 6,6	5,14	—1,21	767	— 76	720	800	...	...	NNE. 1	1,00	11,6	— 0,2	126
3	723,97	— 2,40	+ 5,05	—1,66	+ 4,6	+ 6,0	5,10	—1,17	785	— 58	730	820	...	...	NE. 1	1,00	11,4	— 0,3	125
4	723,35	— 3,03	+ 5,60	—0,94	+ 4,5	+ 7,1	4,87	—1,32	722	—122	650	770	...	...	NNE. 1	0,98	11,4	— 0,1	126
5	726,28	— 0,11	+ 4,14	—2,23	+ 3,3	+ 5,2	4,82	—1,29	790	— 54	750	800	...	...	NE. 1	1,00	—	—	127
6	723,78	— 2,62	+ 4,94	—1,26	+ 3,6	+ 6,8	5,43	—0,61	838	— 6	760	940	...	...	NNE. 1	0,98	11,0	— 0,3	121
7	718,72	— 7,69	+ 4,85	—1,18	+ 2,4	+ 6,4	6,26	+0,29	961	+117	910	980	1,0	2	SSO. 1	1,00	10,9	— 0,2	121
8	716,21	—10,22	+ 4,87	—0,99	+ 2,1	+ 8,4	6,35	+0,45	968	+124	860	990	1,3	3	S. 1	0,84	10,9	— 0,1	118
9	718,92	— 7,53	+ 7,12	+1,43	+ 5,0	+10,1	5,61	—0,22	743	—102	560	910	0,5	1	variable	0,80	10,9	0,0	116
10	722,97	— 3,50	+ 3,01	—2,51	— 1,8	+10,7	3,94	—1,82	695	—150	460	940	...	...	SSO. 1	0,04	10,7	0,0	115
11	718,43	— 8,06	+ 2,66	—2,70	— 0,6	+ 6,2	4,22	—1,47	760	— 85	590	950	24,0	9	variable	0,97	10,7	+ 0,1	113
12	719,43	— 7,08	+ 1,76	—3,43	+ 0,3	+ 3,2	4,61	—1,01	892	+ 47	730	970	1,5	3	NNE. 2	0,99	—	—	114
13	722,80	— 3,73	+ 2,60	—2,43	+ 1,3	+ 3,9	4,03	—1,52	733	—112	670	770	...	...	NNE. 3	0,92	8,7	— 1,7	125
14	730,96	+ 4,41	+ 2,31	—2,55	+ 2,0	+ 3,3	4,15	—1,33	781	— 65	750	810	...	...	NE. 1	1,00	8,7	— 1,5	120
15	727,35	+ 0,78	+ 3,84	—0,86	— 1,1	+ 8,2	4,84	—0,57	792	— 54	600	920	4,2	5	SSO. 1	0,89	9,5	— 0,6	117
16	723,44	— 3,16	+ 5,13	+0,59	+ 3,0	+ 9,9	5,82	+0,47	888	+ 42	680	970	1,5	3	SE. 1	0,98	9,5	— 0,4	115
17	720,55	— 6,08	+ 1,54	—2,84	— 0,2	+ 4,0	4,17	—1,12	826	— 20	690	990	2,9	4	SO. 1	0,97	9,4	— 0,4	110
18	727,57	+ 0,88	+ 2,01	—2,21	+ 0,5	+ 3,7	3,34	—1,89	639	—208	530	710	...	...	NNE. 2	0,66	8,7	— 1,0	109
19	731,15	+ 4,43	+ 1,70	—2,36	— 0,3	+ 3,6	3,47	—1,70	676	—171	550	850	...	...	NNE. 3	0,21	—	—	109
20	730,86	+ 4,11	— 2,49	—6,40	— 3,6	— 1,2	3,02	—2,09	799	— 48	770	810	...	...	N. 2	0,77	6,3	— 3,2	107
21	727,47	+ 0,69	— 3,26	—7,02	— 5,7	+ 0,1	2,91	—2,14	811	— 37	690	950	...	...	variable	0,22	8,1	— 1,2	105
22	726,83	+ 0,02	— 2,49	—6,10	— 7,0	+ 3,1	3,32	—1,68	859	+ 11	660	920	...	...	SO. 1	0,58	7,8	— 1,4	104
23	728,84	+ 2,00	— 1,67	—5,13	— 4,2	+ 2,2	3,42	—1,53	839	— 10	670	920	...	...	SO. 1	0,78	7,6	— 1,5	104
24	725,34	— 1,53	— 1,79	—5,10	— 2,5	— 1,0	3,54	—1,36	888	+ 39	810	920	...	...	OSO. 1	1,00	7,5	— 1,5	104
25	721,65	— 5,25	— 0,36	—3,53	— 1,5	+ 1,3	3,80	—1,05	856	+ 6	730	930	...	...	variable	0,92	7,6	— 1,3	104
26	720,30	— 6,63	— 0,85	—3,87	— 2,2	+ 0,2	3,79	—1,01	892	+ 42	840	920	...	...	NE. 1	1,00	—	—	103
27	722,48	— 4,48	— 1,19	—4,07	— 1,6	— 0,6	3,53	—1,22	850	— 1	810	880	...	...	NE. 1	1,00	6,7	— 1,9	102
28	721,00	— 6,00	— 0,84	—3,58	— 2,0	+ 0,6	3,76	—0,94	875	+ 21	820	910	1,8	4	variable	1,00	6,8	— 2,3	96
29	716,01	—11,02	+ 1,45	—1,14	— 0,7	+ 3,8	4,70	+0,05	917	+ 65	830	980	2,5	5	SO. 1	1,00	6,8	— 1,8	95
30	719,58	— 7,49	+ 0,18	—2,27	— 0,8	+ 3,2	3,35	—1,26	733	—120	580	810	...	...	SSO. 1	0,66	6,7	— 1,6	94

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721,68	722,14	722,26	721,94	721,48	721,59	721,78	722,08	722,11
2e »	725,04	725,56	725,70	725,41	725,02	725,16	725,23	725,40	725,53
3e »	723,37	723,51	723,55	722,98	722,55	722,48	722,57	722,77	722,83
Mois	723,36	723,74	723,84	723,44	723,02	723,08	723,19	723,42	723,49
					Température.				
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,17	+ 4,36	+ 5,56	+ 6,39	+ 6,78	+ 6,36	+ 5,50	+ 4,98	+ 4,63
2e »	+ 1,09	+ 1,20	+ 2,23	+ 3,16	+ 3,67	+ 3,23	+ 2,82	+ 2,49	+ 1,70
3e »	— 2,12	— 1,84	— 0,78	+ 0,26	+ 0,57	— 0,21	— 0,84	— 1,03	— 1,28
Mois	+ 1,04	+ 1,24	+ 2,34	+ 3,27	+ 3,68	+ 3,13	+ 2,49	+ 2,15	+ 1,68
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,31	5,40	5,53	5,55	5,50	5,29	5,30	5,26	5,26
2e »	3,96	4,10	4,22	4,11	4,22	4,20	4,29	4,37	4,35
3e »	3,56	3,50	3,54	3,72	3,63	3,75	3,72	3,71	3,69
Mois	4,28	4,33	4,43	4,46	4,45	4,41	4,43	4,45	4,43
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade	859	860	815	776	746	738	781	801	822
2e »	794	813	775	710	706	724	758	789	831
3e »	894	869	815	796	758	824	858	866	881
Mois	849	847	802	761	737	762	799	819	845

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 3,37	+ 7,44	0,86	11,17	2,8	122,9
2e »	+ 0,13	+ 4,48	0,84	8,94	34,1	114,9
3e »	— 2,82	+ 1,29	0,82	7,29	4,3	101,1
Mois	+ 0,23	+ 4,40	0,84	9,14	41,2	113,0

Dans ce mois, l'air a été calme 3,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,93 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 18°,0 E., et son intensité est égale à 34,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1871.

Le 1, brouillard tout le jour.
2, id. le matin.
5, id. depuis 8 h. du matin.
6 et 7, id. tout le jour; il est tombé un peu de neige ces deux jours, mais en quantité trop faible pour pouvoir être recueillie et mesurée.
8, brouillard tout le jour.
9, id. jusqu'au soir.
11, id. et neige; la neige tombée dans la journée a été en partie emportée par le vent.
13, id. le matin.
14, id. tout le jour.
15, id. le soir.
16, id. tout le jour; neige jusqu'à midi.
17, un peu de neige le soir, en quantité trop faible pour pouvoir être mesurée.
18, brouillard depuis 8 h. du matin.
19, id. de 8 h. du matin à 8 h. du soir.
23, id. dans l'après-midi.
25, id. tout le jour.
26, id. jusqu'à 1 h.
28, id. depuis midi.
29, id. tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à 10 h. matin	562,39	Le 2 à 6 h. matin	558,39
10 à 10 h. soir	557,97	9 à 6 h. matin	553,54
14 à 10 h. soir	564,17	12 à 8 h. matin	552,50
20 à 10 h. soir	560,24	17 à 10 h. soir	551,60
23 à 10 h. matin	560,63	21 à 8 h. soir	558,64
28 à 10 h. matin	558,18	26 à 4 h. après m	555,05
		30 à 6 h. matin	552,32

SAINT-BERNARD. NOVEMBRE 1874.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	560,72	— 2,58	559,55	561,85	— 2,04	+ 1,12	— 3,2	0,0	.....	.....	....	SO.	1	0,91
2	559,50	— 3,73	558,39	560,55	— 0,93	+ 2,37	— 3,2	+ 1,2	.....	.....	....	SO.	1	0,32
3	560,10	— 3,06	559,89	560,43	+ 0,05	+ 3,49	— 2,0	+ 2,2	.....	.....	....	NE.	1	0,13
4	560,47	— 2,63	559,51	561,52	— 0,57	+ 3,01	— 2,4	+ 2,4	.....	.....	....	SO.	1	0,02
5	563,24	+ 0,20	561,84	564,09	— 4,74	— 1,02	— 6,4	— 3,0	.....	.....	....	SO.	1	0,82
6	561,92	— 1,06	561,06	562,39	— 5,03	— 1,17	— 6,2	— 3,8	.....	.....	....	SO.	2	0,83
7	558,57	— 4,35	557,30	560,18	— 5,03	— 1,04	— 6,0	— 4,2	.....	.....	....	SO.	2	0,87
8	556,45	— 6,41	556,21	556,80	— 2,72	+ 1,40	— 3,8	— 2,0	.....	.....	....	SO.	1	0,87
9	554,50	— 8,30	553,54	555,37	— 6,78	— 2,53	— 9,7	— 5,2	100	14,6	10	NE.	2	0,83
10	557,08	— 5,67	556,44	557,97	—11,83	— 7,45	—12,2	— 9,5	.....	.....	....	NE.	1	0,00
11	555,46	— 7,24	554,39	556,18	— 8,67	— 4,16	— 9,5	— 7,8	.....	.....	....	SO.	1	0,74
12	553,16	— 9,49	552,50	554,15	— 9,05	— 4,40	—11,0	— 6,2	98	10,8	29	NE.	2	0,98
13	557,07	— 5,53	554,32	560,39	— 8,10	— 3,33	—11,8	— 5,3	.....	.....	....	NE.	1	0,47
14	563,54	+ 0,99	562,95	564,17	— 7,42	— 2,52	— 8,1	— 5,7	.....	.....	....	NE.	1	0,92
15	562,04	— 0,46	560,03	563,75	— 5,75	— 0,73	— 8,6	— 4,7	.....	.....	....	variable		0,74
16	557,17	— 5,29	556,95	557,47	— 8,20	— 3,06	— 9,7	— 6,3	70	8,4	10	NE.	2	0,97
17	552,95	— 9,47	551,60	555,54	—11,92	— 6,66	—13,3	— 8,2	.....	.....	....	NE.	1	0,52
18	557,25	— 5,13	555,49	558,54	—14,60	— 9,22	—16,0	—13,3	.....	.....	....	NE.	2	0,77
19	559,71	— 2,63	559,14	560,09	—15,76	—10,27	—17,0	—14,2	.....	.....	....	NE.	2	0,68
20	559,62	— 2,68	559,08	560,24	—14,12	— 8,52	—17,7	—12,1	.....	.....	....	NE.	1	0,02
21	558,79	— 3,47	558,64	559,12	— 9,73	— 4,02	—11,8	— 8,2	.....	.....	....	SO.	1	0,00
22	559,45	— 2,78	558,79	560,62	— 7,70	— 1,88	— 8,8	— 5,3	.....	.....	....	NE.	1	0,07
23	560,31	— 1,88	560,14	560,63	— 7,26	— 1,33	— 8,9	— 5,5	.....	.....	....	NE.	1	0,78
24	557,15	— 5,00	556,51	558,31	— 9,00	— 2,97	—10,1	— 7,2	.....	.....	....	variable		0,13
25	564,42	+ 2,30	555,85	556,87	—10,90	— 4,77	—11,5	—10,2	.....	.....	....	SO.	1	0,87
26	555,47	— 6,62	555,05	555,94	— 9,13	— 2,90	—10,6	— 7,3	.....	.....	....	SO.	1	0,51
27	556,38	— 5,68	555,44	557,17	— 8,10	— 1,77	— 9,5	— 4,0	.....	.....	....	NE.	1	0,00
28	557,29	— 4,74	556,64	558,18	— 8,50	— 2,07	— 9,0	— 7,5	.....	.....	....	SO.		0,92
29	553,86	— 8,14	552,79	555,20	— 6,92	— 0,39	— 8,6	— 6,0	.....	.....	....	SO.		0,87
30	552,59	— 9,38	552,32	552,92	— 9,87	— 3,24	—12,2	— 6,3	.....	.....	....	SO.		0,22

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	559,02	559,46	559,47	559,39	559,25	559,07	559,17	559,33	559,48
2e »	557,67	557,82	557,82	557,84	557,70	557,80	557,84	557,97	558,09
3e »	556,79	556,99	557,15	556,85	556,66	556,60	556,69	556,79	556,78
Mois	557,83	558,09	558,15	558,03	557,87	557,82	557,90	558,03	558,12
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,06	— 4,06	— 3,48	— 2,54	— 2,63	— 3,82	— 4,33	— 4,50	— 4,78
2e »	—11,04	—10,47	— 9,66	— 9,36	— 9,30	—10,02	—10,67	—10,53	—10,74
3e »	— 9,65	— 9,70	— 8,88	— 7,51	— 6,96	— 8,25	— 8,53	— 8,58	— 8,91
Mois	— 8,25	— 8,08	— 7,34	— 6,47	— 6,30	— 7,36	— 7,84	— 7,87	— 8,14

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 5,51	— 2,19	0,56	14,6	100
2e »	—12,27	— 8,38	0,68	18,5	168
3e »	—10,10	— 6,75	0,44	—	—
Mois	— 9,29	— 5,77	0,56	33,1	268

Dans ce mois, l'air a été calme 8,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,18 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 9,6 sur 100.

* Voir la note du tableau

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XLII (NOUVELLE PÉRIODE)

1871. — Nos 165 à 168.

Pages

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

Pages

CHIMIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1871. Tomes XL à XLII (Nouvelle période)

